

## 전자석을 이용한 제염장치 개발

김중화, 조천휘, 이경호, 진동식, 홍용호

(주)액트, 대전광역시 유성구 관평동 705 한밭대학교 기술상용화센터 3층

[ihk@actbest.com](mailto:ihk@actbest.com)

### 1. 서론

자기연마법이라 부르는 새로운 연마법은 자기장을 이용하여 자성연마입자에 연마압력을 발생시키는 원리로 반도체, 항공 및 원자력 등의 정밀기기의 표면거칠기를 향상시키는 기술로써 형상이 복잡한 부품이나 가공공구가 들어가기 어려운 부품의 정밀연마에 적용할 수 있다. 현재 자성체가 아닌 STS304 파이프의 내면 연마는 전해연마법에 의한 연마가공이 주류를 이루고 있으나, 전해연마는 제염대상물의 형상, 전해조건, 전극 설정 등 가공조건이 선정이 쉽지 않으며 또한 환경을 고려해 폐용액의 처리문제도 중요한 과제로 대두되고 있는 실정이다.

### 2. 자기연마법의 원리

[그림 1]은 자극을 정지시키고 STS304 파이프를 고속으로 회전시키는 정자장 이용법에 관한 자기장 분포 및 자성연마입자의 자기력을 나타낸 것이다. 파이프 내면의 자성연마입자 한 개가 받는 연마력은 자력선 방향 성분  $F_x$ 와 등자위선 방향 성분  $F_y$ 의 합력  $F$ 가 되면 각각 식 (1), (2) 및 (3)과 같다.

$$F_x = V\chi H(\partial H/\partial x) \text{ ----- (1)}$$

$$F_y = V\chi H(\partial H/\partial y) \text{ ----- (2)}$$

$$F = \sqrt{(F_x^2 + F_y^2)} \text{ ----- (3)}$$

여기서,

$V$  : 자성연마입자의 체적

$\chi$  : 자성연마입자의 자화율

$x, y$  : 자력선 방향 및 등자위선 방향의 좌표

$H$  : 자기장의 세기

$(\partial H/\partial x), (\partial H/\partial y)$  : 자력선 및 등자위선 방향의 자기장 세기의 변화율이다.

이 자기력은 자성연마입자의 체적  $V$ 와 자화율  $\chi$ 의 곱에 비례해서 증가한다. 자화율  $\chi$ 는 자성연마입자의 재질과 그 제조과정에서 결정된다. 또 자성연마입자의 작용압력은 자기장의 세기  $H$ 와 그 변화율  $(\partial H/\partial x), (\partial H/\partial y)$ 의 곱에 영향을 받는다. 그러므로 자성연마입자의 직경을 크게 함으로써 작용압력을 높일 수 있고, 또 입자의 직경이 일정하다면 작용압력을 크게 하기 위해서는 자장분포의 값을 높일 필요가 있다.

### 3. 실험 및 결과

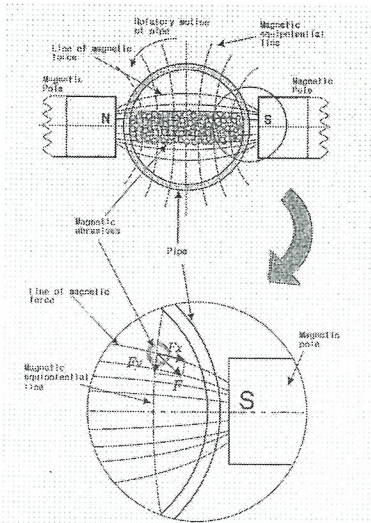
[그림 2]와 같이 전자석을 이용한 제염장치는 제어판, 4극의 전자석, 전자석을 좌우로 이동시키는 LM 가이드 및 파이프를 고정하는 척으로 구성되어 있다. [그림 3]과 같이 자성체가 아닌 STS304 파이프 내에 직경이 1 mm, 길이가 5 mm인 STS304 자성연마입자를 넣고 자기장의 세기를 0.1 Tesla와 0.2 Tesla로 변화시켰을 때 자성연마입자의 운동상태는 자기장의 세기가 커질수록 더욱 활발해지면서 파이프 내면을 연마하게 됨을 알 수 있었다. 그리고 전자석을 이용한 제염장치의 성능검사를 수행하기 위해 Co 산화막을 입힌 STS304 플레이트에 대해 자성연마입자를 1 mm와 2 mm, 자기장의 세기를 0.1 Tesla와 0.2 Tesla 그리고 연마시간을 10분, 15분, 20분 간격으로 변화시키면서 각각의 조건에서 연마 전·후의 Weight% 변화를 알아보았다. [표 1]과 같이 자기장의 세기가 0.1 Tesla, 연마시간이 15분일 때 가장 연마효율이 좋은 것으로 나타났다.

### 4. 결론

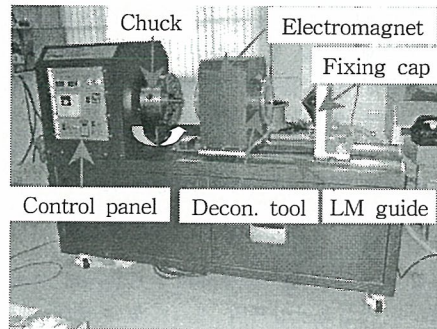
본 연구에서는 전자석을 이용한 제염장치의 개발 및 이에 대한 기초 성능실험을 통하여 제염조건을 도출하였으며, 본 제염장치로 길이가 약 100 cm, 직경이 약 20 cm인 STS304 파이프 내면에 잔존하는 오염물질의 제거가 가능함을 확인하였다.

감사의 글

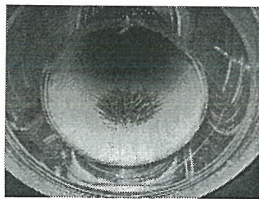
본 연구는 지식경제부의 전력산업연구개발사업(과제번호: R-2007-2-090)으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.



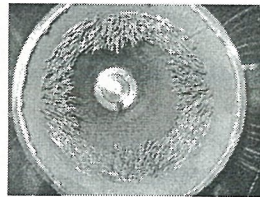
[그림 1] 자기장 분포 및 자성연마입자의 자기력



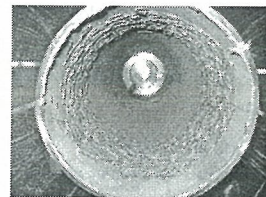
[그림 2] 전자석을 이용한 제염장치



(a) Magnetic flux density 0 Tesla



(b) Magnetic flux density 0.1 Tesla



(c) Magnetic flux density 0.2 Tesla

[그림 3] 자성연마입자의 운동상태

[표 1]. Co 산화막 모의시편의 연마 전·후 Weight% 변화

시편명	연마 전 (Weight%)	연마 후 (Weight%)	비 고
MDS-Co-1	38.61 <sup>주)</sup>	5.26	0.1 Tesla, 10분
MDS-Co-2		4.87	0.1 Tesla, 15분
MDS-Co-3		5.81	0.1 Tesla, 20분
MDS-Co-4		8.96	0.2 Tesla, 10분
MDS-Co-5		13.05	0.2 Tesla, 15분
MDS-Co-6		8.22	0.2 Tesla, 20분

주) 연마 전 Co 산화막 모의시편의 Weight%는 표준시편 5개의 평균값임.