

자기연마제염장치의 개발과 성능실험

김종화, 김용은, 송관석*, 이승재*, 이광식*, 황두성**

충북대학교, 충북 청주시 흥덕구 개신동 12번지

*한일플랜트서비스(주), 경기도 안양시 만안구 안양7동 202-4 동영벤처스텔(3차) 302호

**한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

jhk4198@paran.com

최근 자기연마법에 의한 자동화 기계, 원자력, 의료장비 등의 분야에 사용되는 스테인리스스틸(STS304) 파이프 표면을 정밀하게 연마하는 연구가 많이 시도되고 있다.^{1,2)} 또한 일본의 (주)화연에서는 원자력발전소의 운영 또는 해체 때 발생하는 오염 배관 등의 표면에 고착된 방사성물질을 제거하기 위해 전자석을 이용한 자기요동연마제염기술이 개발되었다.³⁾ 그러나 국내에서는 이러한 자기연마제염에 관한 연구가 아직 미흡한 실정이며, 본 연구에서는 자기연마법을 이용하여 오염된 STS304와 탄소강 파이프 시편에 대해 자기연마제염 성능을 조사하였다.

본 실험에서는 영구자석을 이용한 자기연마제염장치를 개발하였으며, 모터에 전원을 인가하면 영구자석 원반이 회전하게 되는데, 동시에 제염용기내의 자성연마입자도 회전하면서 시편의 내·외면에 밀착되어 자기 브러쉬를 형성함으로써 자기연마제염이 진행된다. 자기력이 발생하면 자성연마입자는 x방향과 y방향 대해서 힘 F_x , F_y 가 각각 작용하며, F_x , F_y 의 성분은 다음 식과 같다.⁴⁾

$$F_x = V_x H (\partial H / \partial x)$$

$$F_y = V_y H (\partial H / \partial y)$$

여기서, V 는 자기연마입자의 체적이고, x 는 연마입자의 자화율, H 는 자기장의 세기, $(\partial H / \partial x)$ 와 $(\partial H / \partial y)$ 는 자력선과 등전위선의 방향에서 자기장의 세기에 대한 기울기를 나타낸다.

본 실험에서 사용된 자기연마제염장치(그림 1)는 제염용기, 영구자석 원반, 모터 및 이를 조절하는 제어반 등으로 구성되어 있다. 영구자석은 Fe-Nd-B(0.45 T)를 사용하여 N-S극을 각각 4극으로 배열하였고, 자성연마입자는 STS304 핀($\phi 1.0 \times 5.0$ mm) 2 kg을 사용하였으며, 시편은 한국원자력연구소내 우라늄변환시설의 해체과정에서 발생된 STS304 파이프($\phi 32.6 \times 30.6 \times 3.0$ mm)와 탄소강 파이프($\phi 32.6 \times 29.5 \times 3.3$ mm)를 사용하였다. 본 실험에서는 제염용기 내에 2개의 시편을 자성연마입자와 동시에 넣고 모터(AC 1.0 kW)의 회전수를 1,650 rpm으로 일정하게 하고, 약 15분간 제염을 수행하여 고순도 게르마늄 검출기(CANBERRA Model 04046258)로 1,000초 동안 측정하여 제염 전·후 방사성핵종 및 방사능농도의 변화를 비교하였다.

표 1에 나타난 바와 같이 STS304 파이프의 경우, 제염 전에는 ^{95}Nb , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, ^{234}Th , ^{235}U 가 검출되었으나 제염 후에는 ^{234}Th 만 검출되었다. 자기연마제염 전에 46.98585 Bq/g이었던 ^{234}Th 방사능농도가 제염 후 1.273425 Bq/g으로 감소되었다. 그리고 제염 전 63.3 g이었던 질량은 제염 후 61.0 g으로 감소되었다. 한편, 탄소강 파이프의 경우, 제염 전·후 검출되는 방사성핵종은 STS304 파이프와 동일하였으며, 제염 전 1.937524 Bq/g이었던 ^{234}Th 방사능농도가 제염 후 1.841289 Bq/g으로 감소되었다. 그리고 질량은 제염 전 65.7 g에서 제염 후 64.0 g으로 감소되었다. 자기연마제염 전·후 시편의 표면은 각각 그림 2와 같으며, 제염 후에는 시편의 표면이 깨끗하게 연마되었음을 알 수 있다.

따라서 본 자기연마제염장치를 이용하여 STS304 파이프와 탄소강 파이프를 제염할 경우, 제염 효율은 제염대상물이 자성체 보다는 자성체가 아닌 것이 더 좋게 나타났으며, 제염대상물의 종류에 관계없이 제염이 가능함을 확인하였다. 그리고 앞으로는 제염대상물의 종류에 따라 모터의 회전 및 제염시간 등을 변화시켜 최적의 제염공정을 도출할 예정이다.

표 1. 제염 전·후 방사능농도 비교

시 편	검출핵종	방사능 농도 (Bq/g)		제염계수 (D.F*)	질량 (g)	
		제염 전	제염 후		제염 전	제염 후
STS304 파이프	⁹⁵ Nb	0.3961746	N/D**	∞	63.3	61.0
	^{234m} Pa	132.4422	N/D	∞		
	²³⁴ Th	46.98585	1.273425	37		
	²³⁵ U	3.688269	N/D	∞		
탄소강 파이프	⁹⁵ Nb	N/D	N/D	-	65.7	64.0
	^{234m} Pa	6.993143	N/D	∞		
	²³⁴ Th	1.937524	1.841289	1		
	²³⁵ U	0.1573852	N/D	∞		

* D.F : Decontamination Factor
 ** N/D : None Detection

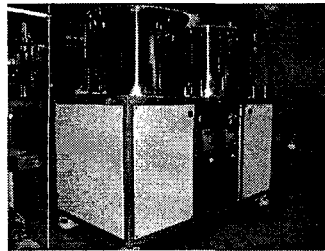


그림 1. 자기연마제염장치

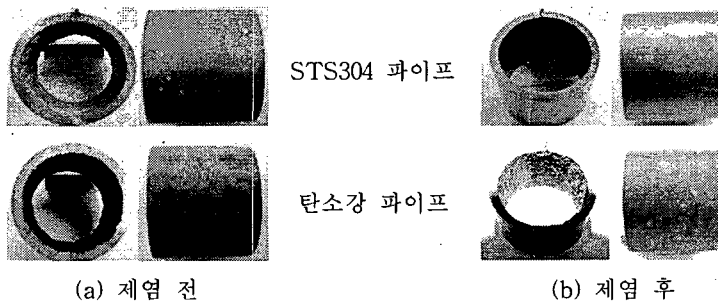


그림 2. 자기연마제염 전·후 시편의 표면 상태

[참고문헌]

- 1) 박원규외5, “자기연마법에 의한 비자성 파이프 내면의 연마특성(III)”, 2001년 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, pp.915~918
- 2) 김희남외2, “STS304 파이프 내면의 초정밀 자기연마”, 2001년 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, pp.947~952
- 3) <http://www.kakenlabo.co.jp/>
- 4) H.Yamaguchi, T.Shinmura and T.Kaneko, “Development of a New Internal Finishing Process Applying Magnetic Abrasive Finishing by Use of Pole Rotation System”, Int. J. Soc. Prec. Eng., Vol. 30, No. 4, pp. 317~322