

고전압 임펄스에 의한 CaCO₃ 생성의 속도론적 고찰

김담하*, 김재현**, 장인성*

*호서대학교 환경공학과

**호서대학교 안전환경융합기술학과

Kinetics of CaCO₃ Production by High Voltage Impulse

Dam-Ha Kim*, Jae-Hyun Kim**, In-Soung Chang*

*Dept. of Environment Engineering, Hoseo University

**Dept. of Safety Environment Technology Convergence, Hoseo University

요 약

본 연구에서는 경수에 의한 스케일 형성을 제어하기 위해 HVI (High Voltage Impulse) 기술을 이용하여 수중의 Ca²⁺ 이온을 사전에 CaCO₃로 석출시켜 스케일을 제어하는 연구를 수행하였다. 온도가 증가할수록, 인가전압이 증가할수록 CaCO₃ 생성속도는 더욱 촉진되었다. 속도론에 의거하여 CaCO₃ 생성반응의 반응차수와 반응속도 상수, k를 서로 다른 온도에서 구하였다.

산하여 Table 1.에 정리하였다. 온도와 인가전압이 가장 낮은 조건인 25°C, 0kV와 반대 조건인 60°C, 15kV를 비교하였을 때 반응속도 상수, k는 약 6.88배 증가하였음을 확인하였다.

1. 서론

경수에 의한 관 내 스케일 형성은 통수능력 및 열전달 효율 저하로 인한 경제적 손실을 유발한다. 최근 고전압 임펄스 (High Voltage Impulse, HVI) 기술을 이용해 수중 칼슘이온의 농도를 감소시키는 연구가 진행되었다. HVI 기술은 수kV의 전압을 μs 이하의 단위로 방전시켜 전기장을 형성시키는 기술이다. 본 연구는 온도와 HVI의 인가전압이 수중의 Ca²⁺ 이온을 CaCO₃로 석출시켜 제거하는데 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 실험재료 및 기기

CaCl₂와 NaHCO₃를 초순수에 용해시켜 100 Ca²⁺ mg/L의 초기농도를 가지는 인공시료를 제조하였다. HVI 장치는 전력 4.5 kW 최대 인가전압 30 kV, 펄스 길이 4 - 40 μs , 주파수 100 - 300 Hz로 조절 가능하도록 제작하였다. 발생된 전압과 전류의 파형은 오실로스코프 (104xi-A, Lecroy Inc., US)로 관찰하였다. 항온수조를 이용하여 시료의 온도를 조절하였다. HVI를 인가한 후 일정 시간마다 시료를 채취하여 이온크로마토그래피로 Ca²⁺ 농도를 측정하였다.

3. 결과

HVI 반응기 내 시료를 25, 40, 60°C로 조절하고 인가전압을 0, 5, 10, 15kV로 증가시켜가며 실험을 진행하였다. 21시간 후 Ca²⁺ 농도를 측정하였으며 온도와 인가전압이 증가할수록 농도가 더 많이 감소하였다. CaCO₃가 생성되는 반응차수는 2차 반응으로 밝혀졌으며 반응속도 상수, k를 각 실험조건에서 계

Table 1. Comparison of the reaction rate constant calculated under different condition of temperature and applied voltage

Temperature	Rate constant (k), L/(mmol·hr)			
	Applied voltage, kV			
	0	5	10	15
25	2.6×10^{-3}	4.1×10^{-3}	5.5×10^{-3}	7.9×10^{-3}
40	2.9×10^{-3}	6.0×10^{-3}	7.9×10^{-3}	8.7×10^{-3}
60	3.2×10^{-3}	13.4×10^{-3}	14.7×10^{-3}	17.9×10^{-3}

참고문헌

- [1] Cho, Y. I., Lane, J., Kim, W. T., "Pulsed-power treatment for physical water treatment", International Communications in Heat and Mass Transfer, 32, 861-871(2005).
- [2] Zhao, W., Yang, R., Shen, X., Zhang, S. Chena., X., "Lethal nad sublethal injury and kinetics of Eshcherichia coli, Listeria monocytogenes and Staphylococcus aureus in milk by pulsed electric fields", Journal of the food control., 32, 6-12. (2013).
- [3] 조승연, 김태희, 장인성, 홍용기, 이준호, "고전압 임펄스 기술을 활용한 경도 제거에서 경수의 초기부피와 인가시간이 칼슘이온 농도에 미치는 영향", 대한전기학회 논문지, 66(7), 1066-1071(2017).
- [4] 조승연, 장인성, "고전압 임펄스 기술을 활용한 슬러지 가용화", 상하수도 학회지, 31(3), 257-262(2017).