

전기화학식 암모니아 압축기 성능 분석

추 찬 호¹⁾·김 영 기¹⁾·김 동 규^{*1)}

중앙대학교 기계공학과¹⁾

Performance Analysis of Electrochemical Ammonia Compressor

Chanho Chu¹⁾ · Youngki Kim¹⁾ · Dongkyu Kim^{*1)}

Chungang University^{*1)}

Key words: Ammonia (암모니아), Hydrogen(수소), Electrochemical compressor(전기화학식 압축기), proton exchanger membrane(고분자 전해질 교환막), Performance Analysis(성능 분석)

* 김동규, E-mail: dkyukim@cau.ac.kr

21세기는 지구 온난화, 환경 파괴, 그리고 지속 가능하지 않은 자원 사용 등 여러 환경 문제의 중요성이 부각되는 시기이다. 탈탄소를 위한 유망한 방법 중 하나는 수소 경제를 발전시키는 것이다. 그러나 수소를 에너지 벡터로 채택하려면, 수소의 분배와 저장, 사용을 가능하게 하는 인프라 기술의 발전이 필요하다. 반면, 암모니아는 인프라가 잘 구축되어 있으며, 수소의 캐리어로 사용할 수 있기 때문에 큰 장점을 갖고 있다. 이러한 암모니아와 인프라를 사용하기 위해 압축기가 필수적 요소인데, 기존 존재하는 압축기는 기계식으로 압축이 진행되며 이러한 방식은 마찰과 소음으로 인해 상당한 에너지를 소비하고, 낮은 효율을 갖으며 암모니아가 윤활유에 오염된다는 단점을 갖고 있다. 반면 전기화학식 암모니아 압축기 같은 경우에는 움직임이 없어 윤활유와 소음, 마찰이 없어 높은 효율과 오염에 문제가 없다는 장점을 갖고 있다.

전기화학식 암모니아 압축기는 Fig. 1과 같이 전기에너지를 통해 캐리어 가스인 수소(H_2)와 암모니아(NH_3)를 암모늄(NH_4^+)로 산화시켜, 고분자 전해질 막을 통과시킨다. 막을 통과한 암모늄은 다시 수소와 암모니아로 환원되어 가해진 전기에너지에 비례하여 압축된다는 원리를 갖고 있다.

전기화학식 암모니아 압축기의 연구가 아직 초기 단계이기 때문에, 작동하는 과정에서 다양한 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제점들은 해결하기 위해 본 연구는 실험을 통해 작동 조건에 따른 성능 분석을 진행하고, 모델을 통해 작동 전압을 구성하는 과전압인 Nernst voltage, Ohmic voltage, Activation voltage를 분석하였다. 성능 분석은 전류밀도, 작동온도, 작동습도에 따라 분석하였습다. 이를 통해 각종 변수들을 조정하여 최적의 압축기 조건을 도출하였다.

전류 밀도($0.025, 0.036, 0.046 \text{ A/cm}^2$), 온도($60, 80, 100 \text{ }^\circ\text{C}$) 및 상대습도(RH)($10\%, 30\%, 50\%$)의 성능 분석을 진행했다. 높은 전류 밀도(0.046 A/cm^2)는 압축 시간을 265초 단축시켰으나 과전압 증가로 인하여 작동 전압을 0.03 V 상승했다. 또한 고온($100 \text{ }^\circ\text{C}$)은 막 저항을 감소시켰으나 다른 과전압이 증가함에 따라 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 보다 작동 전압을 0.026 V 증가했다. 또한 높은 RH(50%)는 막 저항을 감소시켜 $10\% \text{ RH}$ 에 비해 0.118 V 감소했다. 전류와 온도를 증가시키면 특히 낮은 RH에서 작동 전압이 증가했다. 소비전력은 Fig. 2와 같이 0.025 A/cm^2 , $60 \text{ }^\circ\text{C}$, $50\% \text{ RH}$ (0.00126 W/cm^2)에서 최적이었으며, 0.046 A/cm^2 , $100 \text{ }^\circ\text{C}$, $10\% \text{ RH}$ (0.0127 W/cm^2)에서 가장 높았다.

본 연구는 전기화학식 암모니아 압축기의 작동을 위한 에너지 최적화에 대한 중요한 통찰력을 제공하고 이러한 작동 조건에 대한 이해는 향후 에너지 효율적인 기술 개발에 기여할 것으로 기대된다.

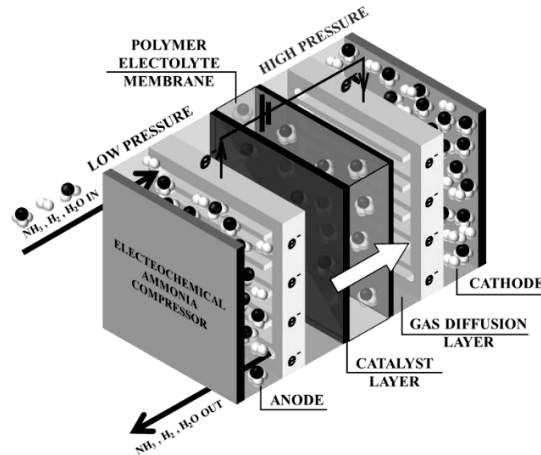


Figure 1. The schematic of electrochemical ammonia compressor operation

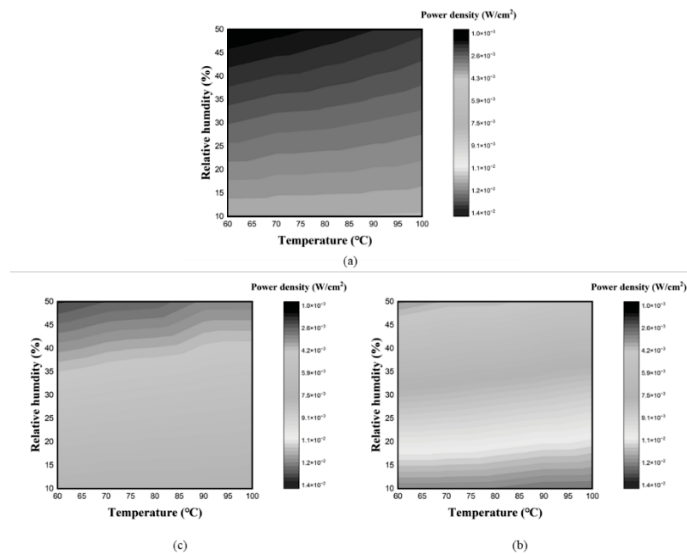


Figure 2. The power consumption according to operating temperature and RH at different current densities: (a) 0.025, (b) 0.036, and (c) 0.046 A/cm².

후기

This work was supported by the Technology Innovation Program (20017445, Localizing development for Components of 70MPa Dual parallel type Hydrogen fueling charger) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea)