

용융탄산염 연료전지 분리판용 Al-Fe 코팅층의 수명평가
Lifetime Evaluation of Al-Fe Coating for MCFC Separator

전재호 · 전중환 · 조남웅 · 김규영*

포항산업과학연구원 재료공정연구센터, *포항공과대학교 신소재공학과

용융탄산염 연료전지(MCFC)의 성공적인 상업화를 위해서는 최소한 4×10^4 h의 연속운전이 요구된다. 본 연구의 목적은 MCFC 분리판의 wet-seal부 부식을 막기 위해 적용되고 있는 Al-Fe 코팅층의 수명이 과연 어느 정도인가를 연구하는 것이다. Al-Fe 코팅층은 분리판 wet-seal 환경인 650°C 의 $(\text{Li},\text{K})_2\text{CO}_3$ 분위기에서 표면에 LiAlO_2 보호피막을 형성함으로써, 기판인 STS316L의 내식성을 증가시킨다. 그러나 Al-Fe 코팅층 내부에 알루미늄 성분이 고갈되어 임계농도에 도달하면, 표면에 안정한 LiAlO_2 보호피막 대신에 LiFeO_2 같은 보호성이 없는 부식생성물을 형성하기 때문에, 코팅층은 제 기능을 잃어버렸다고 말할 수 있고, 또한 이 시점을 코팅층의 수명이라고 정의할 수 있다. 한편 MCFC 가동 중, 코팅층 내부에 알루미늄 성분의 고갈은 첫 번째로 표면에서의 부식반응과정에서 일어나고, 다른 한가지는 기지금속과 코팅층간의 상호 확산현상에 의해 발생한다. 따라서 본 연구에서는 $50\mu\text{m}$ 두께의 AlFe 단상 조직을 가지는 Al-Fe 코팅층을 제조하여, 앞에서 언급한 두 가지 측면에서 각각 알루미늄의 고갈속도를 측정하였고, 임계농도에 도달하는 시점까지를 계산하여 Al-Fe 코팅층의 수명을 평가하고자 하였다. 실험결과를 요약하면 다음과 같다. 우선, Al-Fe 코팅층이 표면에 연속적이고 안정한 LiAlO_2 를 형성하기 위해서는 적어도 Al-Fe 코팅층 내부에 알루미늄 성분이 25 at.% 이상이어야 한다. 두 번째로 표면 부식반응이 Al-Fe 코팅층의 수명에 미치는 영향을 조사한 결과, 코팅층의 수명은 약 2.8×10^6 h로 예측되었다. 이는 Al-Fe 코팅층이 $0.0045\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-0.5}$ 의 작은 속도상수(k_p)를 가지기 때문이다. 마지막으로 내부 확산반응이 Al-Fe 코팅층의 수명에 미치는 영향을 조사한 결과, 코팅층의 수명은 약 4.8×10^4 h로 예상할 수 있었다. 이러한 결과들은 표면 부식반응에 의한 알루미늄 성분의 고갈은 Al-Fe 코팅층의 수명에 큰 영향을 미치지 못한다는 사실과, 충분한 수명을 가지는 Al-Fe 코팅층을 확보하기 위해서는 내부확산에 의한 알루미늄의 고갈을 제어하거나 코팅층의 두께를 제어하여야 함을 보여준다.