

ZrO₂-8Y₂O 재료의 대기압 플라즈마 코팅층에 대한 캐비테이션 특성

박재철⁺ · 장석기¹, 김성종²

Cavitation characteristics for ZrO₂-8Y₂O coating layers by atmospheric pressure plasma

Jae-Cheul Park⁺, Seok-Ki Jang¹, Seong-Jong Kim²

조류 발전용 블레이드와 같은 수중 운동체는 해수환경에 완전히 노출되어 있으며 유속으로부터 받는 하중을 에너지로 발전시키기 위해서는 충분히 높은 강도를 가진 재료를 사용하여야 한다. 뿐만 아니라 유속에 따른 캐비테이션, 에로전 그리고 해양환경에서의 부식손상 등이 발생하기 때문에 내식성 또한 우수한 재료를 선정하는 것이 대단히 중요하다. 미국, 캐나다, 일본 및 영국 등의 선진국에서는 자국의 자연환경과 지형에 맞게 다양한 형태로 조류발전 설비를 구축하고 있으며 사용되는 재질은 carbon fiber나 glass fiber 등과 같은 폴리머계 복합재료로서 고강도 및 고탄성 재료로 화학적 부식 환경에 강하다. 뿐만 아니라 비중이 낮기 때문에 높은 에너지 발전량을 얻을 수 있는 장점이 있으나 오히려 내충격성이 약하고 가격이 비싸며 제작이 어려운 단점이 있다. 복합재료이외에 고인성 및 고강도의 스테인리스 강을 사용하는 경우도 있으나 이 또한 가혹한 부식 환경인 해수에서 염소이온에 의한 공식발생 시 급격한 강도저하 현상을 나타낸다. 이와 같이 해수환경에서의 수중 운동체 표면에서 발생하는 캐비테이션에 의한 기계적 손상 및 염소이온에 따른 화학적 부식손상이 복합적으로 발생된다. 이러한 캐비테이션-부식 손상은 수 GPa 정도의 국부적으로 대단히 큰 충격압을 표면에 전달하여 응력을 부여하고 재료 표면의 경도 상승 또는 내식성의 향상 등 일련의 표면개질 효과를 나타내기도 하나 일정 시간 지속 될 경우에는 심각한 표면 손상을 유발한다^[1-2]. 본 연구에서는 내식성 및 내캐비테이션 특성이 우수한 Al-bronze 합금에 대하여 표면 코팅처리를 통해 모재의 내구성을 향상시키고자 하였으며 이에 대기압 플라즈마 용사기술을 적용하였다. 이 기술은 다른 용사코팅 기술에 비해 형상의 제약이 없어 효율적이고 고진공 설비가 필요 없기 때문에 매우 경제적인 방법으로 최근에 큰 관심을 받고 있다^[3-4]. 사용된 코팅 재료는 ZrO₂-8Y₂O 분말을 사용하였으며 이는 Zr, Y 등과 같은 합금 원소의 첨가로 인해 산화피막과 금속 모재간의 계면 특성을 향상시켜 박리감수성을 저하하는 효과가 있다^[5]. 캐비테이션 실험은 ASTM-G32 규정에 의거하여 압전(Piezo electric) 효과를 이용한 캐비테이션 발생장치인 RB 111-CE (cavitation erosion tester, R&B, Korea)를 사용하였으며, 60Hz, 220V의 전력을 전자회로를 거쳐 20KHz의 진동 정격 출력을 발생시켜 진동자에 공급하였다. 또한 시간변수에 따른 표면의 손상 정도를 주사전자 현미경 및 3D 분석 현미경을 이용하여 관찰하였으며 횡단면을 절단하여 코팅층의 두께를 측정하였다. 뿐만 아니라 캐비테이션 이후 소수점 4째 자리 수까지 무게감소량을 측정하였으며 캐비테이션 지속시간에 따른 표면의 손상 정도를 임피던스 분광학 실험을 통해 분극저항(R_p) 값을 측정하여 무게감소율의 경향과 상호 비교하였다. 실험 결과, 캐비테이션 시간변수에 따라 무게감소량이 증가하는 경향을 나타냈으며, 임피던스 분광학 실험 결과, 캐비테이션 손상이 증가할수록 분극저항은 감소하는 경향을 나타냈다.

참고문헌

- [1] Y. Sekine, H. Soyama, "Evaluation of the surface of alloy tool steel treated by cavitation shotless peening using an eddy current method" Surface & coating technology, Vol. 203, pp. 2254-2259, 2009.
- [2] H. Soyama, N. Yamada, "Relieving micro-strain by introducing macro-strain in a polycrystalline metal surface by cavitation shotless peening" Materials letters, Vol. 62, pp. 3564-3566, 2008.
- [3] 황병철, 안지훈, 이성학, "대기 플라즈마 용사법으로 제조된 Mo 및 Mo 혼합 코팅층의 미세조직과 마모특성" 대한금속-재료학회지, 제 41권, 제 3호, pp. 161-171, 2003.
- [4] 김정환, 윤상훈, 나현택, 이창희, "대기 플라즈마 용사공정을 이용한 Fe계 벌크 비정질 금속 코팅의 초기 분말의 화학조성과 크기에 대한 미세 조직 및 마모 특성" 한국표면공학학회지, 제 41권, 제 5호, pp. 220-225, 2008.
- [5] 김영식, 오명석, "플라즈마/레이저 복합용사에 의한 ZrO₂-8Y₂O 코팅층의 미세구조 및 기계적 특성" 한국동력기계공학학회지, 제 4권, 제 4호, pp. 48-53, 2000.

+ 박재철(목포해양대학교 기관시스템공학부 대학원), E-mail: romagain@mmu.ac.kr, Tel: 061)240-7471

1 장석기(목포해양대학교 기관시스템공학부)

2 김성종(목포해양대학교 기관시스템공학부)