레저 선박용 5052-O Al 합금의 워터 캐비테이션 피닝에 의한 내캐비테이션 및 내식성에 관한 연구

김성종+·한민수[1]·현광용[2]

Investigation on cavitation characteristics and corrosion resistance by water cavitation peening of 5052-O Al alloy for leisure ship

Seong-Jong Kim+, Min-su Han[1] · Koang-Yong Hyun[2]

2012년 개최되는 여수 세계박람회로 인한 해양 산업 및 지역 발전 효과를 가져 올 것으로 예상되고 있다. 그중 위그선 등 첨단 해양교통 수단 도입, 주 5일제 근무제 실시 및 소득증대의 요인으로 레저 산업, 해양 스포츠 등이 더욱 발전할 것으로 기대된다. 해양레저에 대한 세계적인 추세는 활동인 측면에서 정적인 레저에서 동적인 레저로, 휴양형에서 관광형으로 그리고 스포츠형으로 발전하고 있다. 스포츠형 해양레저의 대표적인 장비인 요트 및 보트의 수요가 증가하고 있다[1]. 그에 따른 레저 선박에 대한 최근 관련법이 개정되어 안전검사 실시로 안전성 확보 및 품질 향상이 필요하게 되었다[2]. 또한 최근 녹색산업육성으로 기존의 FRP선의 폐선 시 환경오염을 일으켜 사용에 제약을 받게 되면서 친환경적이며 경량화에 따른 연료절감에 적합한 알루미늄 합금을 이용한 요트를 건조해 나가고 있다[3-4]. 이러한 배경에서 알루미늄 선박 생산에 따른 내구성 향상을 위한 기술과 재료에 대한 연구 및 개발이 요구되고 있다. 그러나 이러한 연구 개발 중에도 알루미늄 선박이 해수 환경에서 염소이온의 영향으로 부동태 피막이 파괴되어 부식된 사례가 많이 발생하였다. 또한 고속화로 금속과 액체 간 상대 운동으로 유속 및 회전속도가 상승하여 기포 운 캐비테이션이 발생된다. 기포 운 캐비테이션의 기포가 붕괴될 때 수 GPa에 이르는 큰 국소적인 충격압력 발생으로 캐비테이션-에로젼 현상을 발생시켜 선체 손상을 가속화 시키게 된다[5]. 따라서 본 연구에서는 이러한 내캐비테이션 및 내식성을 향상시킬 수 있는 방법으로 워터캐비테이션 피닝이라는 표면가공법을 이용하였다. 워터캐비테이션피닝은 기존 쇼트피닝과 비슷한 원리로 쇼트볼 대신 캐비티의 붕괴 시 발생되어지는 국소적인 충격압력을 표면에 가하여 표면을 경화시키는 방법으로 기존 캐비테이션에 의한 손상을 역이용한 것이다.

워터캐비테이션 피닝은 ASTM G-32에서 규정한 Ultrasonic의 압전효과와 cavitation 효과를 이용하였다. Vibratory frequency와 peak-to-peak amplitude는 각각 20kHz와 10 μm이다. 혼과 시편과의 스탠드 오프거리를 1mm로 하여 증류수에서 water cavitation peening을 실시하였다. 또한 캐비테이션 실험은 동일 장비로 시편과 혼의 거리를 1mm로 하여 5시간동안 해수에서 Cavitation test를 실시하였다. 시간변수에 따라 워터 캐비테이션 피닝 처리된 시편에 대하여 마이크로 비커스 경도기를 사용하여 인가하중 9.807N, 유지시간은 10초로하여 경도를 측정하였다. 그리고 워터 캐비테이션 피닝된 부위에 대하여 주사전자현미경으로 표면을 관찰하였다. 그리고 캐비테이션 실험 후 손상된 부위를 3D 현미경으로 Damage depth를 측정 하였다. 그리고 전기 화학적 부식특성을 알아보기 위하여 마이크로 드로플릿 셀 기법을 이용하여 WCP된 표면의 부식속도를 측정하였다. 캐필러리는 직경 1.0-1.1 mm의 유리관을 직경 400μm로 가공하였다. 그리고 미세 연마 장비를 이용하여 팁 부분을 매끈하게 가공 후 실리콘으로 실링을 하여 용액의 누수를 방지하였다. 드로플릿 셀의 기준전극은 SCE 이며, 대극은 백금전극을 사용하여 2mV의 주사속도로 천연해수 용액 조건에서 실험을 실시하였다. 이러한 분석방법을 통해 최적의 내캐비테이션 특성 및 내식성 향상을 나타내는 WCP 적용 시간을 규명하였다.

참고문헌

1. 이종훈, 세계 레조보트산업의 현황과 우리나라의 현실, 해양국토21, Vol.3(2009), pp. 24-42.
2. 이일수, 해양레저 환경분석과 실험적 기반에 의한 고속 레저선 선형개발에 관한 연구, 조선대학교 일반대학원 (2008), pp. 16.
3. S. J. Kim, J. I. Kim, J. S. Kim, “Investigation on optimum protection potential decision of Al alloy (5083F) in sea water by impressed current cathodic protection”, J. Kor. Inst. Surf. Eng., Vol. 40, No. 6(2007), pp. 262-270
4. L. Wanger, Mechanical Surface treatments on titanium, Aluminium and Magnesium alloys, Materials Science & Engineering, 1999.
5. Momma, T. and Lichtarowicz, A., "A study of pressure and erosion produced by collapsing cavitation", Wear, Vol. 186-187(1995), pp.425-436

+ 김성종(국립목포해양대학교 기관시스템공학과),E-mail:ksj@mmu.ac.kr , Tel: 061)240-7410
1 국립목포해양대학교 기관시스템공학과
2 국립목포해양대학교 기관시스템공학과 대학원