

5000계열 Al-Mg 합금의 워터 캐비테이션 피닝 특성과 캐비테이션 손상 저감 기술
 Technology to reduce cavitation damage and water cavitation peening characteristics for 5000 series
 Al-Mg alloy

김성중^{a*}, 장석기^a, 현광용^b

^{a*}목포해양대학교 기관시스템공학과(ksj@mmu.ac.kr), ^b목포해양대학교 기관시스템공학과 대학원

최근, 지구환경보호와 에너지 절감에 대한 요구가 높아짐에 따라 자동차, 항공기, 철도차량, 선박 등 각종 수송기기의 경량화를 위한 기술 개발이 활발히 진행되고 있으며 이를 위해 Al, Mg 등 경량 합금 부재의 적용이 빠른 속도로 확대되고 있다. 알루미늄 합금은 질량 대비 강도비가 높고, 내식성, 인성 및 저온특성을 보유하기 때문에 우주, 항공기 부품에서 선박, 자동차 같은 수송장비 등, 여러 분야에 사용되고 있으며 그 적용은 해가 갈수록 증가하는 추세이다. 그러나 알루미늄 선박의 경우, 고속화로 금속과 액체 간 상대 운동으로 유속 및 회전속도가 상승하여 선박표면에 와류 캐비테이션을 발생되고, 이러한 와류 캐비테이션이 서로 합체되어 큰 기포 운 캐비테이션이 된다. 기포 운 캐비테이션의 기포가 붕괴될 때 수 GPa에 이르는 큰 국소적인 충격압력 발생으로 캐비테이션-에로전 현상을 발생시켜 선체 손상을 가속화 시키게 된다. 최근 이와 같은 손상을 최소화할 수 있는 많은 연구들이 진행 중에 있다. 그 중 워터 캐비테이션 피닝 방법은 기존 shot peening에 비해 많은 장점을 갖고 있다. 워터 캐비테이션 피닝 방법은 ultrasonic의 음압효과와 cavitation효과를 이용한 것으로 특히 cavitation이 중요한 역할을 한다. 이 cavitation은 기포의 진동에 따른 micro agitation과 기포의 파괴로 인한 화학적 열적 작용을 수반하게 되며, 이러한 제작용이 복합 반복으로 액 중에서 화학반응이 이루어지며 공동현상(cavitation)이 계속 발생 소멸하면서 강력한 에너지를 방출하게 되는데 특히 소멸 시 기포의 붕괴로 인한 화학적 열작용이 수반되어 액체의 화학반응 촉진은 물론 분산작용이 증가되어 시편에 에로전 현상이 단시간 내에 일어나게 한다. 즉, 에로전을 일으키는 캐비티를 인위적으로 발생시켜 캐비티 붕괴 시 발생되어지는 충격압으로 표면에 압축잔류응력을 형성시키는 방법이다. 이와 같이 압축잔류응력을 형성시켜 표면의 경도를 상승 시키게 된다. 이와 같은 표면의 경도의 변화는 캐비테이션 손상 거동에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

본 연구를 위한 실험 방법으로 워터 캐비테이션 피닝은 ASTM G-32에서 규정한 Ultrasonic의 압전 효과와 cavitation 효과를 이용하였다. Vibratory frequency와 peak-to-peak amplitude는 각각 20kHz와 10 μ m이다. 혼과 시편과의 스탠드 오프거리를 1mm로 하여 증류수에서 다양한 시간 동안 워터 캐비테이션 피닝을 실시하였다. 또한 캐비테이션 실험은 동일 장비로 시편과 혼의 거리를 1mm로 하여 5 시간동안 해수에서 Cavitation test를 실시하여 무게감소량을 측정하였다. 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 측정하였다.

다양한 시간동안 워터 캐비테이션 피닝을 실시하여 각각의 시간에서의 캐비테이션의 손상거동을 관찰한 결과 5052-O는 3.5분, 5083-O는 2.5분, 5083-H321은 3.5분, 5456-H116은 3.0분 동안 워터 캐비테이션 피닝을 했을 경우가 우수한 내캐비테이션 특성을 나타냈다.