

5456-H116 합금에 대한 마찰교반 프로세싱에 의한 기계적·전기화학적 특성

Evaluation on mechanical and electrochemical characteristics in friction stir processed for 5456-H116

김성중^{a*}, 박재철^b^{a*}목포해양대학교 기관시스템 공학부(E-mail : kjsj@mmu.ac.kr), ^b목포해양대학교 기관시스템 공학부 대학원

최근 국내외적으로 정부차원의 환경규제가 강화되면서 지난 2006년부터 노후 어선 대체 사업으로 신조어선 건조 시 환경오염의 우려가 있는 섬유강화플라스틱(Fiber-Reinforced Plastic, 이하 FRP) 어선에 대한 지원을 중단하고 알루미늄 합금제 어선에 한하여 적극적인 건조지원을 실시하였으며, 점차 환경친화형의 알루미늄 선박 건조에 관심이 고조되고 있다. 지금까지 어선뿐만 아니라 중소형 해양레저선박, 바다낚시 선박 등에서 섬유강화플라스틱(FRP) 재료로 건조되었으며 이와 같은 FRP 선박은 운항 중의 선박 충돌·화재 사고 발생 시 인명피해 및 유류방출로 인한 환경오염 등 인적, 경제적 손실과 함께 대형재난의 위험이 크고, 또한 FRP 선박의 폐선 시 환경유해 물질이 발생하지만 이에 대한 처리 방법이 미흡한 실정이다. 또한 FRP 재료의 특성상 레이더파를 반사시키는 강도가 약하기 때문에 중대형 선박에서 FRP 선박의 위치를 파악하지 못하여 결국 충돌사고로 이어지는 사례가 전체 사고의 58%를 차지하고 있는 실정이며, 이에 대한 대안으로 알루미늄 선박건조에 대한 관심이 고조되고 있다. 알루미늄선박은 강선에 비하여 비강도가 높아 경량화에 의해 고속화가 가능하며, 연료 절감에 따른 고부가 가치, 높은 내식성에 의한 유지 보수가 용이하고 폐선 시 70~80% 이상 재활용이 가능하여 환경 친화적이므로 해양환경 오염규제에 따른 대체선박으로 채택됨으로써 이에 대한 연구와 개발이 시급한 실정이다. 최근 북미와 유럽을 중심으로 주조제 결정립 미세화 기술개발 연구가 활발히 진행되고 있으며, 압출·압연제 뿐만 아니라 특히 주조제의 결정립 미세화 기술은 마찰교반용접(FSW) 기술을 응용한 재료의 미세조직의 변화와 결정립 미세화에 의한 기계적 특성을 향상시키기 위한 기술로 마찰교반 프로세싱(Friction Stir Processing 이하 FSP) 기술을 적용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 기술은 재료 자체의 특성뿐만 아니라 고속으로 회전하는 공구의 형상, 이송속도 및 회전속도의 변화 등 다양한 공정변수가 재료의 특성변화에 큰 영향을 미치며, 공구와 기계적인 교반작용으로 인하여 소성유동이 발생하여 재료의 전위가 재배열을 수반하고 동적 재결정이 이루어져 결과적으로 재료의 결정립을 미세화 시킨다.

본 연구에서는 Al-Mg계 합금인 5456-H116(압연제)에 대하여 마찰교반 프로세싱(FSP) 기술의 적용 시 공구의 형상 및 치수, 회전속도, 이송속도 및 공정횟수에 대한 다양한 변수의 마찰교반 프로세싱(FSP)을 실시한 후 가공부의 기계적·전기화학적 실험을 통하여 마찰교반 프로세싱 된 시편의 기계적 특성 및 해수분위에서의 전기화학적 특성을 평가하였다. Al-Mg계 선박용 합금에 대한 최적의 마찰교반 프로세싱(FSP) 기술의 적용 시 얻어진 결과는 알루미늄 선박의 부분적인 파손이나 기존 용접부 손상부위에 대한 수리목적으로 응용 가능하며 결과적으로 선박의 운용에 도움이 될 것으로 사료된다.

최적의 마찰교반 프로세싱 조건은 이송속도 15mm/min, 회전속도 250RPM에서 전나사형 공구를 사용한 경우였다. 시편의 횡단면 경도를 측정 결과, 교반부에서 모재 대비 95%인 86.8Hv를 나타내었다. 한편, HAZ부는 교반에 의해 발생하는 마찰열에 의한 결정립 성장에 기인하여 경도값이 현저히 감소하였다. 또한, Retreating side의 경우가 Advancing side보다 HAZ부의 범위가 넓게 형성되었다. 이는 공구의 회전방향과 이송방향이 상반됨으로써 교반효과가 저하되고 열의 집적됨으로써 열에 의한 영향이 증가한 것으로 사료된다. 음분극 경향은 용존산소환원반응($O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$)에 의한 농도분극과 $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ 의 수소발생에 의한 활성화분극의 경향을 나타냈다. 마찰교반 프로세싱 된 시편의 경우가 모재보다 방식전위 적용가능 구간이 약간 넓게 나타났다. 또한, 양극방식에 비해 음극방식의 경우가 용존산소의 농도분극의 영역에서 보다 훨씬 낮은 전류밀도를 나타냈으며, 방식전위 영역도 넓기 때문에 양극방식에 비해 음극방식의 경우가 효과적일 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김성중, 한국마린엔지니어링학회지, 제 30권, 5호, 2006. 7.
2. Y. G. Kim, H. Fujii, T. Tsumura, T. Komazaki, K. Nakata, Materials Letters, 2006.
3. R. S. Mishra, Z. Y. Ma, Materials Science and Engineering, R 50, pp.1-78, 2005.
4. Z. Y. Ma, S. R. Sharma, R. S. Mishra, Scripta materialia, Vol. 54, pp.1623-1626, 2006.
5. K. Nakata, Y. G. Kim, H. Fujii, T. Tsumura, T. Komazaki, Materials science and engineering, A 437, pp. 274-280, 2006.
6. A.W. Batchelor, S. Jana, C. P. Koh, C. S. Tan, Journal of materials processing technology, Vol. 57, pp. 172-181, 1996.

감사의 글 : 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임.