

K2 전차 구조물 시편의 벤딩 및 용접 시 기계적 특성 비교 연구

권유나*, 서의화*, 김록한*, 정연호**

*국방기술품질원

**현대로템

e-mail: yunakwon@dtaq.re.kr

Mechanical Property Comparision of K2 Tank Structures under Bending and Welding

Yuna Kwon*, Euyhwa Seo*, Rokhan Kim*, Yunho Jung**

*Defense Agency for Technology and Quality

**Hyundai-Rotem

요약

K2 전차는 우수한 기동성뿐만 아니라 탁월한 방호성능을 가지고 있으며, 구조적 방호성능을 갖추기 위해 RHA강을 사용하고 있다. 구조물을 제작하기 위한 대다수의 공정은 용접작업이며, RHA강은 열변형에 취약한 문제를 가지고 있어, 이를 보완하고자 벤딩 공법을 적용하는 방안을 고려하였다. 본 연구에서는 벤딩 공법을 실제 차량에 적용하기에 앞서, 소재, 용접, 벤딩 시편에 대한 기계적 성능 평가를 수행하여 벤딩 공법이 용접 공법과 비교하여 동등 이상의 성능을 발휘할 수 있는지 입증하였다. 입증 시험은 경도, 인장, 피로, 충격 시험을 수행하였으며, 그 결과 용접 대신 벤딩 공법 적용에 무리가 없을 것으로 판단되었다.

2. 본론

1. 서론

K2 전차는 우수한 방호 성능을 가지고 있으며, 이를 갖추기 위해 RHA강을 차체와 포탑 구조물에 사용하고 있다. 구조물을 제작하는 주요 방법은 용접이나, 포탑 구조물의 재질로 사용되는 RHA강은 열변형에 취약한 문제를 가지고 있다. 이를 개선하고자, Kang 등⁽¹⁾은 용접량에 의해 취성 및 잔류응력 증가 등의 용접 품질 저하를 개선하기 위해 용접 변형을 최소화하는 협개선 용접공정을 전차에 적용하기 위한 기계/금속학적인 특성 평가를 수행하였다.

그러나, 용접에 의한 잔류응력을 최소화하는 것은 한계가 있기에, 용접 대신 벤딩 공법을 적용하는 방안을 고려하였으며, Shin 등⁽²⁾은 차륜형 장갑차의 구조물에 벤딩 공정을 적용하기 위한 구조물 분석, 내구시험을 수행하였다.

그러나, K2 전차에 적용되는 RHA강의 경우 차륜형 장갑차에 적용된 두께에 비해 두꺼우며, 이에 따른 영향성이 존재하기에 추가적인 검증이 필요하다고 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 기계적 물성 평가를 수행하여 벤딩 공법이 용접 공법 동등 이상의 성능을 발휘할 수 있는지 확인하였다.

2.1 시험 선정

구조물의 주요 성능 관리점은 방호성능과 내구성능이다. 방호성능은 충격 및 경도 시험으로 평가하였으며, 내구성능은 인장, 피로 시험을 통해 평가하였다. 본 논문에서는 소재, 용접, 벤딩 시편에 대해 각각의 시험을 수행하였으며, 그 결과를 비교, 분석하였다.

2.2 시험 수행 및 결과

로크웰 경도기를 이용 하였으며, 소재, 용접, 벤딩 각 5개의 시편을 사용하였다. 각 시편에 대해 5점을 측정하여 평균값을 산정하였다. 경도 시험 수행 결과는 표 1과 같으며 5개 시편에 대한 평균값이다. 용접 시편과 벤딩 시편의 시험 결과를 비교해보았을 때, 경도값에서 25% 향상됨을 확인하였다.

[표 1] 경도 시험 수행 결과

	경도 시험 [HRC]		
	소재 시편	용접 시편	벤딩 시편
평균	37.4	22.1	31.4

인장 시험 수행 결과는 표 2와 같으며 소재, 용접, 벤딩 각 10개의 시편을 사용하였다. 벤딩 시편의 인장강도가 용접 시편의 인장강도 대비 약 1.35배 크다.

[표 2] 인장 시험 수행 결과

	인장 시험 [MPa]		
	소재 시편	용접 시편	벤딩 시편
평균	1198.31	873.86	1177.16

포탑 구조물에 작용하는 최대하중은 운용 중 데이터를 기반으로 선정하였으며, 이 값에 안전계수 1.5를 적용하여 인장-압축 방향으로 반복하중을 인가하여 수행하였다. 피로 시험 결과는 표3과 같으며, 용접, 벤딩 시편 모두 무한 수명임을 확인하였다.

[표 3] 피로 시험 수행 결과

	사이클 수	결과
용접 시편	1,000,000	특이사항 없음
벤딩 시편		

충격 시험에 수행에 앞서 벤딩 시편의 경우 벤딩 방향에 따라 내측(압축력), 외측(인장력)의 힘의 종류가 달라 각각 5개씩 총 10ea를 제작하였다. 소재, 용접 시편 또한 10개를 제작하여 수행하였다. 충격 시험 결과는 표 4와 같으며, 용접 시편에서의 평균 충격 값이 더 크다. 그러나 균질압연장갑(RHA) 판재의 MIL-DTL-12560k 규격에 따라 최소 충격 요구값은 23.0~33.8J이며, 소재 규격에서 요구하는 충격 요구치 이상의 충격 값을 충분히 확보했음을 확인하였다.

[표 4] 충격 시험 수행 결과

	충격 시험 [J]		
	소재 시편	용접 시편	벤딩 시편
평균	134.20	105.70	73.90

3. 결론

본 연구에서는 벤딩 공법을 전차 포탑구조물에 적용하기에 앞서, 소재, 용접, 벤딩에 대한 시편단위 기계적 물성평가를 수행하여 동등 이상의 성능을 발휘할 수 있는지 입증하였다. 입증을 위해 충격, 경도, 인장, 피로 시험을 수행하였으며, 벤딩 공법이 용접 공법보다 우수함을 확인하였으며, 충격시험의 경우 규격 만족을 확인하였다. 그러나 본 논문에서의 물성평가는 시편을 이용한 결과로, 실차에 벤딩 공법을 적용하기 위해서는 벤딩 공법이 적용 가능 부위 식별, 시제품 제작을 통한 검증 등의 과정이 추가로 필요할 것으로 판단 된다.

참고문헌

- [1] 강승주, “GMAW Narrow Gap Welding을 활용한 전차 용접방법 개선에 관한 연구”, 한국산학기술학회논문지, 제23권 5호, pp. 61–67, 5월, 2022년.
- [2] 신용철, “벤딩공법을 적용한 고경도장갑강 차체 구조물 안정성 향상에 관한 연구”, 국방품질연구논집, 제 1권 4호, pp. 214–227, 12월, 2019년.