

협개선 용접을 활용한 전투차량 장갑 강 용접방법 개선 연구

강승주*, 손민구*, 김록한*, 정연호**

*국방기술품질원, 기동화력센터

**현대로템

e-mail:ksj11576@dtaq.re.kr

A Study on Improving the Welding Method of Armored Steel for Combat Vehicles Using Narrow Gap Welding

Seung-Ju Kang*, Min-Gu Son*, Rok-Han Kim*, Yeaun-Ho Jung*

*Defence Technology Agency Quality, Land Systems Center

**Hyundai Rotem Inc.

요약

본 논문에서는 협개선 용접을 활용한 전투차량 장갑 강 용접방법 개선 연구에 초점을 맞추었다. 전투차량의 경우 장갑 강 용접부의 경사각이 넓게 정해져 있어 판재의 두께가 두꺼워 질수록 용접량이 증가한다. 증가한 용접량은 취성 및 잔류응력 증가 등의 용접품질 저하를 가지고 온다. 이를 해결하기 위해 용접부 경사각을 좁혀 용접변형을 최소화하는 협개선 용접을 전투차량 장갑 강에 적용해보고자 한다. 용접의 건정성과 안정성을 확인하기 위해 기존 x-groove 용접부와 협개선용접을 적용한 u-groove의 비교시험(피로시험, 경도시험)을 진행하였다. 그 결과 x, u-groove 용접부에 대한 기계 특성 평가 결과 큰 차이가 없음을 확인하여 지상 전투차량 양산 용접공정에 NGW 적용을 실현해보고자 한다.

1. 서론

전투차량의 용접구조물은 탑승인원의 안전과 생존을 보장하기 위해 높은 경도와 내충격성을 보유한 두꺼운 후판 장갑 강이 용접된다. 그리고 구조물의 홈 형상은 일반적으로 x-groove 또는 v-groove 용접법이 사용되며, 이음부의 경사각(groove angle)은 범위(45 ~ 55°)내에서 크기와 모양이 결정된다. 경사각 범위가 설정되어있기 때문에 판재가 두꺼워짐에 따라 용접부의 면적이 커지게 되고 용접패스수가 많아지며, 용접량이 늘어나서 용접부에 입열량이 증가하게 된다. 따라서 구조물의 기계적 성질 및 피로수명 저하 등의 품질문제 발생 가능성은 커지게 된다.[1,2]

용접품질을 향상시키기 위해서는 groove angle을 줄여 용접부의 입열량을 감소시키는 노력이 필요한데, 협개선 용접(NGW: Narrow Gap Welding, 이하 NGW)은 이를 위해 개발된 용접방법이다. NGW는 용접 groove angle이 20° 미만일 때 해당되며 후판 사이의 좁은 홈에 적용되는 맞대기 용접을 의미한다.[2] 좁은 groove angle에서 용접 시 소량의 용착금속만 사용하여 용접을 완료할 수 있으므로, 용접으로부터 생기는 변형과 용접 비용을 최대한 감소시키는 장점을 가지고 있다. 그리고 NGW 관련 연구 확인결과, SM45C 재질에 대하

여 개선각 감소에 따른 용접부의 피로수명 비교 시 무한수명 구간이 증대되고, 용접부 폭이 작아질수록 모재에 발생하는 잔류응력이 감소되는 경향이 있었다.[3]

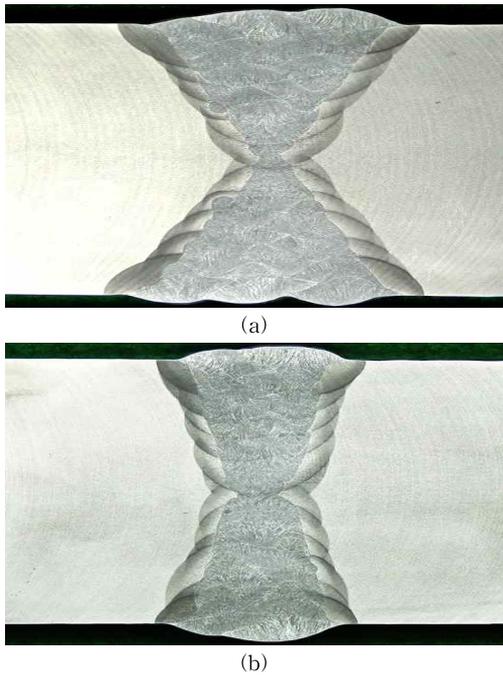
따라서, 본 연구에서는 많은 용접량에 의해 전투차량 용접 구조물에서 발생할 수 있는 문제들을 해소하기 위해 후판(35 mm 이상)에 적용중인 용접방법을 NGW로 개선하여 품질문제 발생가능성을 최소화 하고자 한다. NGW 적용시 변경부의 강건성 및 용접품질을 확인하기 위해 기존 용접부와 NGW 용접부의 경도시험을 수행하였다. 그리고 용접구조물 사용 중 발생하는 작동하중에 대한 안정성 확인하기 위해 피로시험을 수행하였다. 용접부에 실제 하중이 적용되도록 시험방법을 구현하고자 했으며, 기존 용접부와 비교시험을 통해 안정성을 확인하여 전투차량 양산 용접공정에 NGW를 적용하고자 한다.

2. 피로시험

2.1 시험편제작

기존 용접부와 NGW 용접부의 비교 피로시험을 위해 시험편은 그림 1과 같이 기존 x-groove 용접부 (a), NGW u-groove 용접부 (b)로 제작하였다. NGW의 경우 좁은 틈새로 인해 내부의 측면에서 LF가 자주 발생하며, 용접 토치가 1층 용접부에 도달 할 수 없

거나 보호가스로 충분히 보호되지 않는 경우에 용접 결함이 발생한다. 전술한 위험요소를 고려하여 (b) 시험편 용접부 설계는 ESAB MIG 5002W 용접토치로 용접이 가능하고, 신뢰할 수 있는 용접 부품을 얻기 위한 형태로 수행되었다. 용접방법은 GMAW(Gas Metal Arc Welding) 이며, ESAB MIG 5002W 용접기를 이용하여 현장에서 용접되었다. GMAW 공정을 적용한 이유는 현재 산업현장에서 가장 빈번히 사용 중인 공정이기 때문에 별도의 장치나 공정을 개발하지 않고 현장에 바로 적용하기 위함이다.

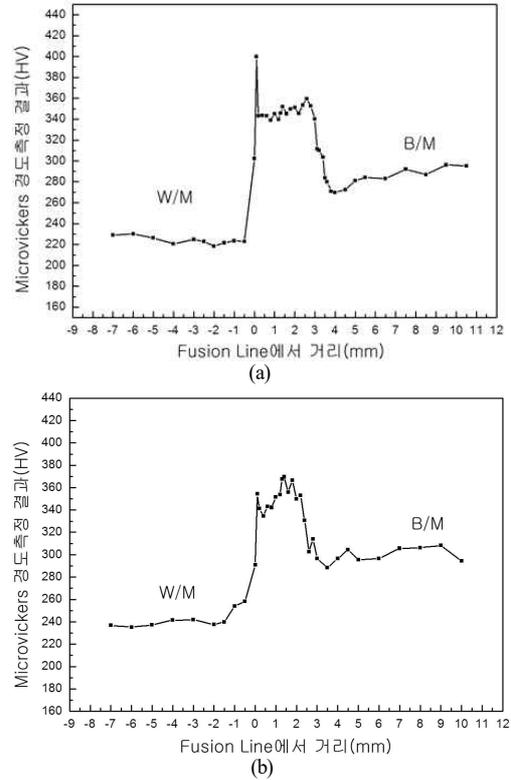


[그림 1] 피로시험편
(a) x-groove (b) NGW u-groove

2.2 시험수행 및 결과

2.2.1 비커스경도 시험

피로시험에 앞서 비커스경도 시험을 통해 시험편에 대한 경도값 분포를 확인하였다. Hv 1의 하중으로 시험을 진행하였으며, 기존 x-groove 시험편과 NGW u-groove 시험편의 분석 결과는 그림 2에 나타내었다. 결과를 비교해보면 최고경도 값의 경우 기존 x-groove가 높기는 하지만 용접부(W/M), 열영향부, 모재부(B/M) 경도값의 경우 두 시험편 모두 유사한 값을 가지는 것을 확인할 수 있었다.



[그림 2] 경도시험 측정 결과
(a) x-groove (b) NGW u-groove

2.2.2 피로시험 결과

피로시험은 KCL의 인장 피로시험기(MTS社, 모델 311.31, 용량 ± 2,500 KN)를 사용하여 표 1과 같이 최대 550 kN, 최소 50 kN의 하중을 10 Hz의 속도로 10⁶ cycle 수행했다. 피로시험의 결과로는 x, u-groove 2가지 시험편이 동일 조건에서 모두 파단 되지 않음을 확인하였다.

[표 1] 피로시험 조건

specimen	Test condition		
	Max. Load (kN)	Min. Load (kN)	Frequency (Hz)
X-Groove	550	55	10
NGW U-Groove			

3. 결론

본 연구에서는 전투차량 장갑 강에 협개선용접 적용을 위하여 NGW 용접 후 용접부 경도시험, 피로시험을 진행 및 평가하였다.

1. x, u-groove 용접부에 대한 비커스경도 시험을

진행한 결과, x-groove의 최고 경도값이 조금 높게 형성되었지만 나머지 용접부의 경도값은 거의 유사한 것으로 판단된다.

2. 피로시험 결과 x, u-groove 용접부 모두 동일 조건에서 10^6 cycles 내에 파단되지 않았다.

3. x, u-groove 용접부에 대한 경도/피로시험 결과 큰 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] 한승전, 안지혁, 이재현, 김상식, "SM45C 강의 narrow gap 용접부 회전굽힘 피로 특성". 대한금속·재료학회지, 제52권, pp.893-897, 2014년.
- [2] 김재성, 이희준 "Characteristics of GMAW Narrow Gap Welding on the Armor Steel of Combat Vehicles" Applied Sciences 7, no. 7, pp 658. 2017.
- [3] 허용, 박수, 신인환, 석창석, 양준석 "원전배관 협개선 용접재 파괴인성 평가에 관한 연구," 대한기계학회논문집 A권, 제34권, 1호, pp. 67-72, 1월. 2010년