

후판(厚板) 개선부 다층용접 장비 개발

김 무 석 · 이 무 림 · 전 완 열

Development of a Multi-pass Welding Device for Thick Panel on Gloove

Moo-Seok Kim, Mu-Lim Lee and Wan-Lyul Jun

1. 서 론

해양 물동량의 증가로 선박은 점차적으로 대형화되는 추세이고, 이에 따라 선박건조시 조립되는 블록 역시 대형화 되고 있으며, 블록의 강도를 좌우하는 강판의 두께 또한 점점 두꺼워지고 있다. 강판끼리의 연결부는 용접으로서 조립되고 있는데, 접합부의 강도를 높이기 위하여 접합부의 면적을 최대한 높이기 위한 개선각을 주고 용접을 실시한다. 이 후판의 개선부는 단층용접에 의해 작업이 끝나는 것이 아니라 후판의 두께에 따라 다층용접을 실시해야만 용입량을 채울 수 있으며, 용접 불량을 줄이기 위해 그림 1과 같이 강판을 특징은도 이상 가열을 실시한 후에 용접작업을 실시한다.

다양한 블록의 후판 개선각이 있는 부위중에 그림 2와 같이 수평면이 매우 좁고 의장품 등의 간섭물이 존재하는 부위는 용접작업을 수행하기 상당히 까다로운 부분이다.

이 부위를 용접하는데 있어 기존의 필렛 용접 장비와 레일을 사용한 용접 장치가 있지만 여러가지 문제로 인하여 적용하기 부적합하였다.

필렛 용접 장비를 이용할 경우, 개선부 각 부위를 용접할 수 있는 용접 토치 이동거리와 겨냥각이 나오지 않고, 열에 의한 영구자석의 자력상실로 인한 주행도중 용접심 이탈 및 전장부의 고장 등이 발생하였으며, 그



그림 2 수평면이 좁고 간섭물이 있는 용접부위

림 3과 같이 러그나 의장품이 낮게 배치되어 있을 경우 주행 간섭이 발생하여 사용하지 못하였다.

레일을 사용한 용접장치의 경우, 레일을 자주 탈·부착해야 함으로 작업능률을 저하시켰고 작업자의 피로를 증가시켰으며, 그림 4와 같이 레일의 주행방향 연장 직선과 용접 심의 연장 직선 사이에 평행함을 보장할 수 없어 블록의 직진 정도가 떨어지는 부분이나 레일이 손상된 부분에서는 용접불량이 발생하였다.

이와 같은 문제로 인하여 기존 장비의 문제점을 보완할 수 있는 후판 개선부 다층용접 전용의 장치 개발이 필요하였다.

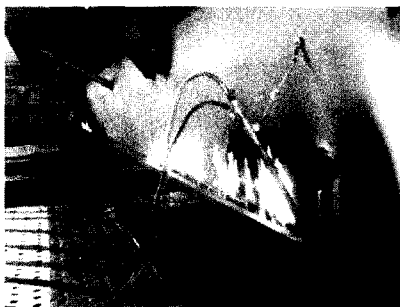


그림 1 다층용접을 위한 예열 작업

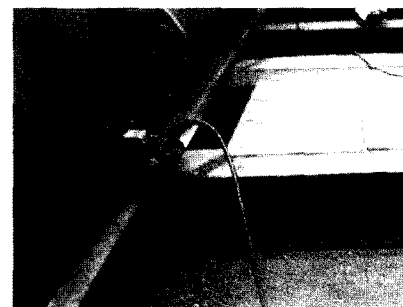


그림 3 필렛 용접장치의 의장품 간섭

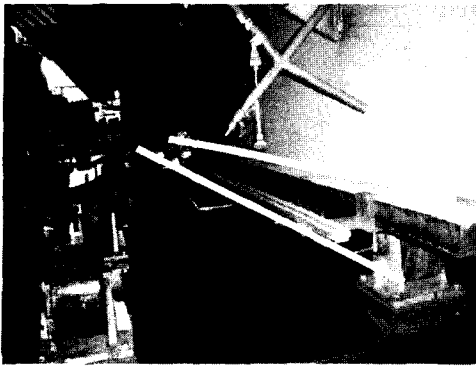


그림 4 레일 연장선과 용접 심 연장선의 불평행

2. 설계 개요

본 장비를 개발하기 위해서는 크게 세 가지의 조건을 만족시켜야 하였다. 첫 번째는 레일을 사용하지 않고 좁은 수평면을 가이드(Guiding) 하면서 수직면에 부착되어 있는 의장품 등의 간섭물을 회피해서 주행할 수 있어야 한다는 것이고, 두 번째는 개선각 전 부위를 용접할 수 있게 충분한 용접 토치 이송거리와 겨냥각이 나오는 용접 토치 이송기구를 개발해야 한다는 것이었으며, 세 번째로는 예열에 대비하여 흡착력의 상실이나 열에 의한 고장이 없도록 설계되어야 한다는 것이었다. 특히, 충분한 용접 토치 이송거리를 구현하기 위해서는 용접 토치 이송기구의 길이 또한 길어져야 하는데, 간섭물에 걸리지 않고 주행해야 하는 조건 및 수직면에 부착되어 주행할 경우 장비가 떨어지지 않도록 해야 하는 조건과 상반되어 모든 조건을 충족시킬 수 있는 최적의 설계가 필요하였다.

2.1 용접 토치 이송기구의 설계

개선각 전부위를 다층용접 할 수 있는 용접 토치 이송기구를 설계하기 위하여 그림 5와 같이 우선 용접 토치 이송기구와 실제 블록과 같은 크기의 블록을 3D CAD로 모델링하여, 실제 용접시 가장 문제가 되는 용

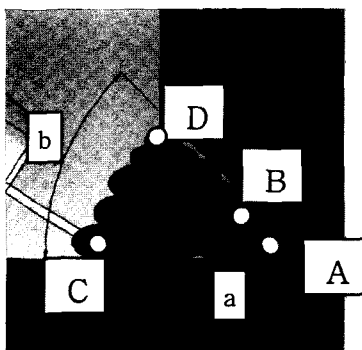


그림 5 다층 용접시 문제 예상 지점

접 토치의 지점을 발췌하였다.

용접 토치의 고정점을 A~D의 각 지점에서 동일하게 놓고 용접을 한다고 가정하면 그림 6과 같이 각 지점에서의 좌표점을 도식적인 형태로 표현 할 수 있다.

그림 6에서 도식적으로 표현된 각 좌표점을 이용하여 식(2.1)~(2.2)와 같이 이 좌표점들의 위치와 A~D 사이의 오프셋(Off-set)을 더하면 최적의 개선부 다층 용접시 필요한 용접 토치 이송거리를 구할 수 있다.

$$a = c \cos \theta + \text{offset} \tag{2.1}$$

$$b = c \sin \theta + \text{offset} \tag{2.2}$$

용접 토치 고정점의 위치에 따라 용접 토치 이송거리가 달라지게 되며 이 용접 토치 이송거리에 의해 간섭물 등과의 접촉이 판별되므로, 주행시 간섭을 여부를 고려하여 적절한 용접 토치 고정점의 위치와 용접 토치 이송거리 선정이 필요하다.

또한, 용접 토치 클램프(Clamp)를 360° 회전 가능하게 설계하여 A~D 지점에서의 토치 겨냥각이 원하는 각도만큼 충분히 나오도록 설계하였다. 즉, 겨냥각에 의한 제약조건을 제거함으로써, 충분한 스트로크만 나온다면 어느 부위든 용접 가능하게 설계하였다.

이와 같은 방법으로 선정 된 개선각 각 부위의 용접 가능 여부의 시뮬레이션(Simulation)은 그림 7 ~ 8과 같다.

2.2 구동부 설계

본 장비는 수직면 또는 90° 이상의 경사면을 안정되게 주행해야 하는데, 이때 작용하는 외력들은 그림9와 같다.

수직면 주행시 장비에 작용하는 힘은 장비의 자중뿐 아니라 용접 토치와 토치 케이블의 무게를 고려하여야 한다. 특히 토치 케이블의 무게는 모멘트로 작용하게 되며, 장비 주행시 지면과의 마찰력으로 인해 더욱 증

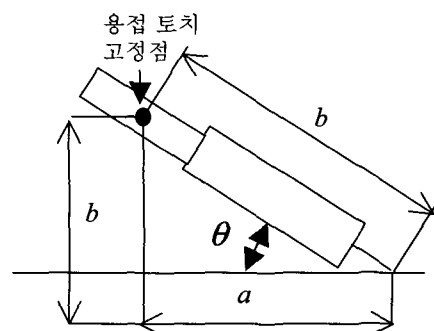


그림 6 용접 토치의 도식적 표현

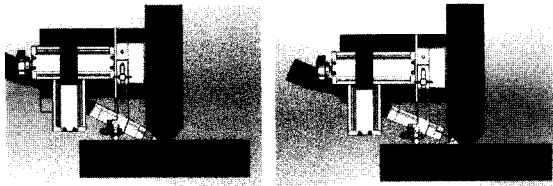


그림 7 A, B지점에서의 용접가능여부 시뮬레이션

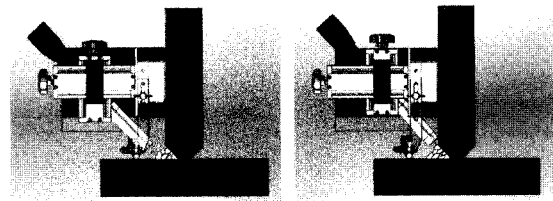


그림 8 C, D지점에서의 용접가능여부 시뮬레이션

가하게 됨으로 자석 흡착력 선정시 중요한 요소가 된다. 또한, 자석 흡착력은 본 장비의 견인력과도 직결되므로 필요이상의 흡착력은 더 큰 출력의 구동모터를 필요로 하게 되고, 영구자석이 장비 본체 내에 장착되는 경우 공간상의 제약도 있게 되며, 블록에 탈·부착시 큰 힘이 소요되게 된다.

흡착력의 크기와 작용점 선정을 위하여 그림 9를 자유물체도(Free Body Diagram)로 나타내면 그림 10과 같다.

그림 10의 자유물체도를 수식으로 나타내면 식(2.3) ~ 식(2.5)과 같다.

$$F_x = R_{x1} + R_{x2} - R_{xt} \tag{2.3}$$

$$F_y = R_{yw} + R_{yt} \tag{2.4}$$

$$M = R_{xt}d + R_{yt}c - R_{x2}b + R_{x1}a - F_x e \tag{2.5}$$

자석 흡착력 크기와 작용점에 따라 토치 케이블에 의해 생성되는 모멘트를 견디는 정도가 달라지게 됨으로

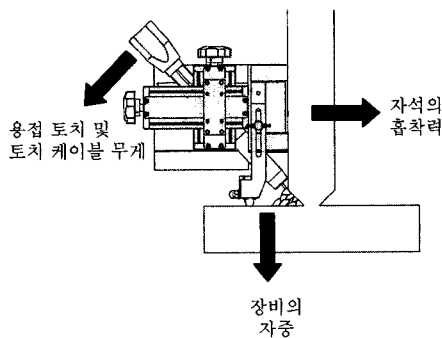


그림 9 수직면 주행시 작용 의력

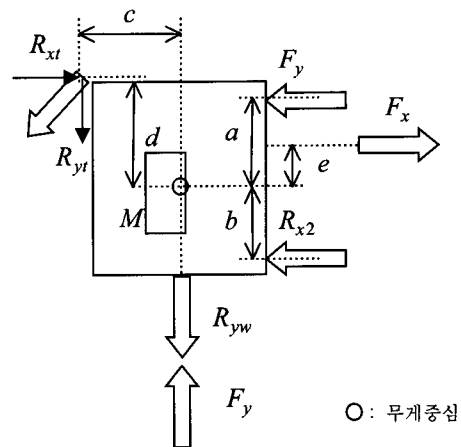


그림 10 자유물체도

적절한 F_x 와 e 의 선정이 설계시 중요한 요소이다.

본 장비 설계시 자석 탈·부착 매커니즘(Mechanism)을 적용하여 손잡이를 꺾으면 흡착력이 감소하고, 원상 복귀 시키면 흡착력이 증가되게 설계하여 작업편의성 또한 향상 시켰다.

2.3 내열성 강화

본 장비가 적용되는 부분은 80℃이상의 예열 실시한 후 용접작업을 수행하므로 지속적으로 열을 받게 되고, 이와 더불어 용접시 발생하는 용접 아크(Arc) 열 또한 추가적으로 받는다. 이러한 열들은 영구자석을 열화시켜 수직면 주행중 장비가 추락하게 만들고, 전장부의 오작동 및 고장을 일으키는 직접적인 원인이었다. 따라서 예열에 의해 전달되는 대류열과 용접 아크열에 의해 전달되는 복사열·대류열의 차폐는 설계시 필수적인 요소였다.

본 장비에 적용된 내열성 보강은 그림 11에 나타난 부분들이다. 예열에 의한 열이 본체로부터 전장박스·구동모터·토치 이송기구로 전도되는 것을 막기 위해 단열재를 삽입하였고, 용접 아크에 의한 복사열을 차단하기 위해 보호 커버를 적용하였다. 열에 의한 손상이

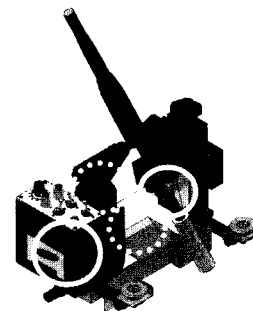


그림 11 단열성 보강부

잡은 전장부를 보호하기 위하여 전장박스 내부에 단열재를 삽입하고 냉각팬을 장착하여 단열 및 냉각성을 향상시켰고, 상대적으로 열에 의해 오작동이 잦은 디지털(Digital) 회로 타입의 구동회로 대신 아날로그(Analog) 타입의 구동회로를 적용하여 열에 의한 오작동에 대비하였다.

또한, 직접적으로 열을 받는 구동바퀴에 내열 고무를 적용하여 내열성을 보강시키고, 열화가 되기 쉬운 영구자석 부분에 최고 사용온도가 일반 영구자석 대비 2배 이상 높은 재질의 자석을 적용하는 등 내열성 소재를 적극 적용하였다.

3. 장비 적용 현황

2장에서 설계요소를 고려하여 장비를 제작한 후 실제 작업장에서 성능 테스트를 실시하였다.

3.1 수직면 간섭물 회피 주행 및 용접

그림 12는 수평면에서 200mm 이하에 있는 홀(Hole)을 회피하여 주행하는 모습이다. 수직면에 간섭물을 고려하여 설계한 결과로서 이를 회피하여 주행하는 것이 가능함을 확인할 수 있다.

3.2 예열부 주행 및 용접

그림 13은 예열한 부위에 본 장비를 적용하여 용접



그림 12 간섭물 회피 주행



그림 13 예열부 용접작업

하고 있는 모습이다. 각종 열차폐와 냉각 등을 고려하여 설계하여 예열부위 주행 및 용접도 가능하게 되었다.

3.3 개선각 쏘 부위 다층용접

본 장비는 그림 14와 같이 개선각 전체 부위의 용접이 가능하며, 용접 비드(Bead) 또한 균일한 것을 확인할 수 있다.

3.4 90°이상 경사면 주행 및 용접

그림 15는 90° 이상의 경사면을 타고 주행 하면서 용접을 하는 모습이다. 흡착력 선정시 여유를 두고 설계하여 90°이상의 경사면도 무리없이 주행가능하다.

3.5 후판 개선부 아래보기 용접

그림 16은 후판 개선부 아래보기 용접이 필요한 부



그림 14 개선각 전체 부위용접

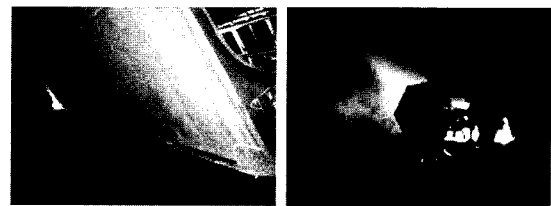


그림 15 90°이상 경사면 주행 및 용접



그림 16 아래보기 용접

위에서 테스트 한 모습이다. 수직면 주행 뿐아니라 수평면 주행도 무리없이 가능함을 확인할 수 있다.

상기 용접 테스트를 통하여 설계시 고려했던 부분이 실제 사용시 제대로 성능이 발휘되는지를 검증할 수 있었다.

4. 결 론

본 논문을 통하여 후판 개선부 다층용접이 필요한 부분에 적합한 장비를 설계하는 방법에 대하여 논하였다. 후판 개선부 다층용접을 위해서는 개선부 전체 부위에 대응할 수 있는 충분한 용접 토치 이동거리와 겨냥각이 구현되어야 하고, 예열에 대비하여 내열성을 강화해야 하며, 수직면을 주행할 경우 간섭물을 회피할 수 있도록 적절한 토치 이동기구의 설계와 흡착력 선정이 필요하다.

또한, 상기 설계 요소를 적용하여 장비를 제작한 후, 실제 블록에 용접 테스트를 실시하여 그 효과를 검증하였다. 본 논문을 통해 개발된 장비는 충분한 용접각도와 안정된 주행성능으로 인하여 현재 후판 개선부 용접이 필요한 부위 뿐 아니라 다양한 부위에 폭넓게 적용되고 있다.

참 고 문 헌

1. J. M. Gere and S. P. Timoshenko : *Mechanics of Materials*, PWS Publishing Company, 1997



- 이무림
- 1980년생
- 삼성중공업 산업기술연구소
- 자동화장비 개발
- e-mail : mulim.lee@samsung.com



- 김무석
- 1978년생
- 삼성중공업 산업기술연구소
- 자동화장비 개발
- e-mail : mooseok.kim@samsung.com



- 전완열
- 1962년생
- 삼성중공업 산업기술연구소
- 자동화장비 개발
- e-mail : biogreen.jun@samsung.com