

대형 컨테이너선 건조를 위한 고능률 용접기술

구연백[†], 성희준, 최기영, 김경주

현대중공업 산업기술연구소

High Productive Welding Technologies for Large Container Ship

Yeon Baeg Goo[†], Hee Joon Sung, Kee Young Choi and Kyeong Ju Kim

Shipbuilding Div., Hyundai Heavy Industries

Abstract

In order to improve productivity of large container ship construction, large heat input and/or high productive welding technologies are necessary. This can be achieved by the joint research and cooperation among steel maker, welding consumable company, welding equipment company and ship yards. Two electrodes SAW process is effective the plate butt welding and partial joint welding, while FGB welding process is for the connection of block to block joint. The higher strength and thicker steel is developed, the more reliable welding procedure such as two electrodes EGW including light weight welding equipment should be developed.

※Keywords: Large heat input(대입열), Two electrode SAW(2 전극 자동용접), FGB(Flexible Glass Wool Backing: 탄성유리섬유백킹), EGW(Electro Gas Welding: 일렉트로가스용접)

1. 서론

컨테이너선은 1994 년 5500TEU 건조를 기점으로 급속히 척수가 증가되었으며, 동시에 규모가 대형화 되었다. 이는 국제 정세가 안정됨에 따라 대륙간 물동량의 대폭적인 증가에 따른 요인으로 볼 수 있다.

컨테이너선은 수송을 라인 형태로 운항해야 하므로 적기에 공급하기 위하여 속도가 빠르며, 많은 양을 싣고 운반하기 위한 구조를 유지해야 하는 특성을 가지고 있다. 따라서 좁은 상갑판을 이용하여 배 전체를 지탱하기 위하여 후판을 적용하고 있다. 대륙간 물동량의 증가로 컨테이너선이 초대형화되고 있으며, 이러한 경향을 반영하기 위해 사용되는 강재의 두께 증가와 동시에 강재 등급도

[†]교신저자: yb2k@hhi.co.kr 052-202-8400

상향 조정되어 적용되고 있다. 최근에는 메가급 컨테이너선인 10000TEU 이상 건조가 증가하고 있는 추세이다. 컨테이너선의 대형화 경향에 따라 적용하는 용접기법 변천사와 초대형 컨테이너선용으로 개발된 용접 기법에 대하여 기술하고자 한다.

2. 본론

2.1 컨테이너선의 대형화 경향

세계 물동량의 증가에 따라 컨테이너선 선박량이 지속적으로 증가 되었으며, 선박 규모 및 선박량 증가의 원인으로는 선박 건조 기술의 향상, 항만 물동량 증가, 하역 생산성 향상과 인건비 및 연료비 상승에 따라 비용 절감을 도모할 수 있다는 것이다. 실제 6000TEU 급 2 척과 12000TEU 급 1 척의 총 비용을 비교하면, 12000TEU 급 컨테이너선을 운항할 때 약 18%의 비용 절감을 얻을 수 있다는 연구 보고가 있다. 컨테이너선의 대형화 효과는 항만 시설 및 하역 장비의 규모가 증대되고 하역 시스템의 고도화를 추구할 수 있다. 세계 컨테이너선 비용 절감 효과와 컨테이너선 대형화 및 증가 척수를 Fig. 1 과 Table 1 에 나타내었다.

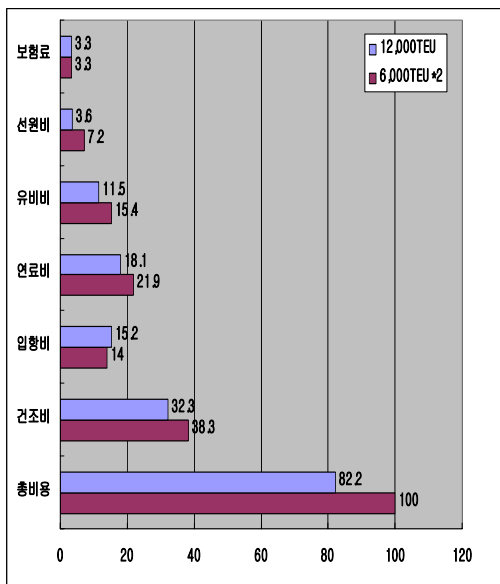


Fig. 1 선박 대형화 비용 절감 효과

Table 1 컨테이너선의 대형화 및 증가

선명	인도일	DWT	TEU	운영 선사
Emma Maersk	2006.8	156,907	11,000	Maersk line
Xin Los Angeles	2006.6	111,889	9,574	China shipping
Cosco Ningbo	2006.3	107,492	9,462	COSCON
MSC Pamela	2005.7	110,592	9,178	Mediterranean Shipping
Colombo Express	2005.3	103,800	8,749	Hapag-Lloyd
CSCL Asia	2004.7	101,612	8,468	China Shipping
OOCL Rotterdam	2004.1	99,518	8,063	OOCL
Shanghai Express	2002.4	100,003	7,506	Hapag-Lloyd
Sovereign Mearsk	1997.9	104,696	7,226	Maersk Line
Regina Maersk	1996.1	84,900	6,418	Maersk Line
OOCL California	1995.8	67,765	5,344	OOCL
APL China	1995.5	66,520	5,108	APL
MoL Maas	1995.1	62,905	4,743	MOL
Ever Reward	1994.5	58,912	4,229	Evergreen Marine

2.2 컨테이너선의 적용 강재

대형화 이전 초기의 컨테이너선에 적용된 강재는 일반 압연 강재를 사용하였으며, 비교적 얇은 두께를 사용하여 선종이 다른 일반호선과 큰 차이가 없었다. 5500TEU(1994년)를 건조하면서 Upper Deck와 Side Shell에 두께 55mm 후판을 적용하였고 대형화 추세에 따라 사용되는 강재 두께가 증가하였으며, 적용 강재 등급도 상향 조정되었다. 후판을 적용함에 따라 선체를 조립하는 공정한 용접작업을 위하여 예열 작업이 수반하게 되었다. 용접부 예열을 위하여 장비를 사전에 준비해야 하며, 실제 블록에서 작업하는 것이 어려

위 생산성이 저하되었다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 일반 강재에 비하여 낮은 온도로 예열하거나 시간을 적게 하여도 균열에 둔감한 TMCP강이 개발되었고 대부분 후판에 적용하게 되었다. 컨테이너선 대형화 흐름에 따라 강재 두께 증가만으로는 수용할 수 없게 되어 적용 강재 등급을 상향시켰으며 EH 40 등급을 개발하여 선급 승인을 득한 후 실선에 적용하였다. 그러나 EH 40 등급의 강재를 사용한다고 하더라도 컨테이너선이 초대형화되어 EH 40 강재의 한계 두께에 직면하게 되어, 새롭게 고강도급 강재를 개발하여 실선에 적용하기 위한 강재 회사와 조선소, 선급 간에 공동 연구를 진행하고 있다. Fig. 2 는 대형 컨테이너선 Upper Deck 부위에 적용되는 강재 등급을 나타낸 것이다.

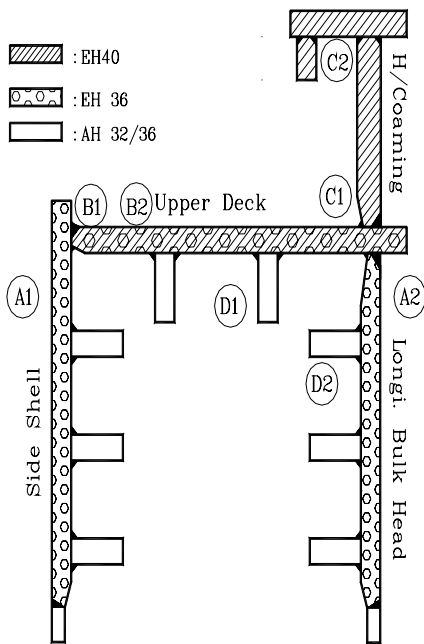


Fig. 2 7800TEU급 Upper Deck 부위 강재 종류 및 등급

일반적으로 컨테이너선에 사용되는 강재는 연강이 가장 많으나 배의 구조상 Side Shell, Longi. Bulk

Head 에 고장력강이 많이 사용된다. 이곳에 사용되는 강재는 비교적 낮은 AH 32/36 으로 Upper Deck 와 연결되는 부위를 제외하면 두께 12~40mm 를 사용하고 있다. Fig. 3 은 대형 컨테이너선에 사용된 강재를 나타내었다.

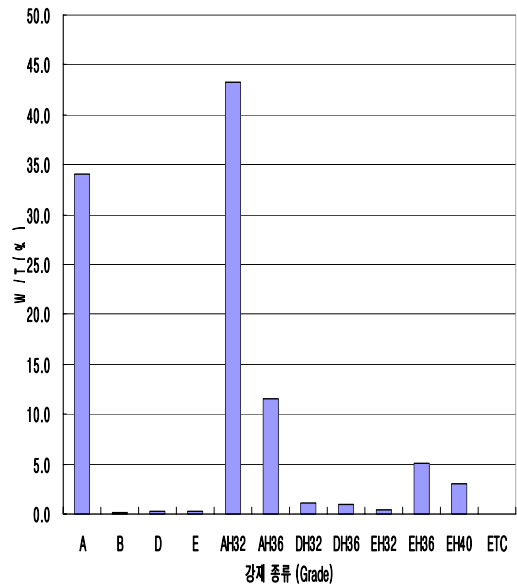


Fig. 3 7800TEU급 컨테이너선 강재적용현황

2.3 범용 용접기법

컨테이너선을 건조하기 위한 용접 기법은 내업과 외업(PE, Dock)으로 구분되며 내업에는 자동용접 기법이 많이 적용되며, 외업에서는 적용 강재 두께, 등급에 따라 용접 기법이 자동용접보다는 반자동 용접 기법을 많이 적용하게 된다. 컨테이너선 건조를 위한 대표적인 용접 기법은 아래와 같다.

2.3.1 양면 1층 SAW기법

블록 판계 작업에 적용되는 이면 가우징 작업 없이 고전류를 사용하여 완전 용입을 형성하는 양면 1층 SAW 기법은 용접 속도가 빠르고 적절한 용접 입열 제어로 용접부의 기계적 특성이 양호하여 선박을 건조하는 가장 선호하는 판계 용접 기

법이다. 용접용 전극 수에 따라 1, 2, 3 전극으로 구분되며, 적용 두께 범위도 이에 상응하여 조절된다. 근래에는 고급 강재의 적용 두께 하향에 따라 강재 등급 전체를 수용할 수 있는 용접재료를 개발함으로써 선급 승인을 득하고 현업 적용준비 단계에 있다. 동 기법과 관련, Fig. 4는 작업 장면을 보여주고 있으며, Fig. 5는 SAW 용접을 위한 개선 형상을 나타내고 있다.



Fig. 4 판계 SAW2,3 전극 작업장면

법이다. 용접 작업은 상당히 능률적이나 용접 입열이 매우 높아 사용되는 강재에 따라 최대 입열 제한을 받으므로 적용 두께 범위는 통상 두께 25mm 까지로 한정된다. Fig. 6은 일면 SAW(FGB) 용접 작업 장면을 Fig. 7은 용접부 단면 형상을 각각 보여주고 있다.



Fig. 6 일면 SAW 용접 작업

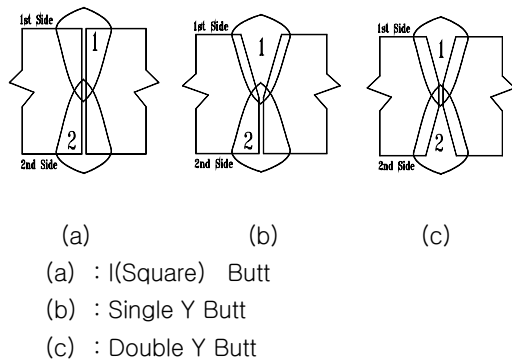


Fig. 5 양면 1층 SAW개선 형상



Fig. 7 일면 SAW 용접부 단면 형상

2.3.2 일면 1층 SAW기법(FGB기법)

판계 용접 공정을 거쳐 블록 중조립 단계에서 맞대기 이음에 적용되는 기법으로는 일면 SAW 기법으로 대표되는 FGB(Flexible Glass wool Backing)용접을 적용하고 있다. FGB 용접기법은 백킹재를 이용하고 충전재를 첨가한 후, 비교적 대 전류를 사용하여 1층으로 용접을 완료하는 기

2.3.3 양면 다층 SAW기법

Upper deck등의 후판 용접용에 주로 적용하는 기법으로, 용접 장비 및 작업장이 대입열 용접을 적용하기가 곤란한 경우에 수행되는 범용 작업 방법이다. 작업 정반 높이에 따라 백 가우징을 동반

하는 경우와 세라믹 백킹재를 사용하고 초층과 2층을 FCAW로 시공한 후 나머지부분에 대하여 1 또는 2 전극 SAW, Tiny Twin SAW, 위빙 SAW 기법등으로 완료한다. Fig. 8 은 용접 작업 장면을, Fig. 9 는 양면 다층 용접부의 단면 형상을 각각 보여 준다



Fig. 8 양면 다층 SAW 용접 작업

접으로 완료하고, 최대 300kJ/cm 의 대 입열 용접 기법이 가능하며, 적용 두께는 40mm, EH 등급 강재까지 개발되어 있다. EGW 기법은 루트 갭에 따라 용접 입열 차이가 크기 때문에 블록을 탑재할 때 정도 관리를 철저히 해야 한다. Fig. 10 은 용접 작업 장면을 나타내었고, Fig. 11 은 EGW 용접부의 단면 형상을 각각 나타내고 있다.



Fig. 10 EGW 용접 작업

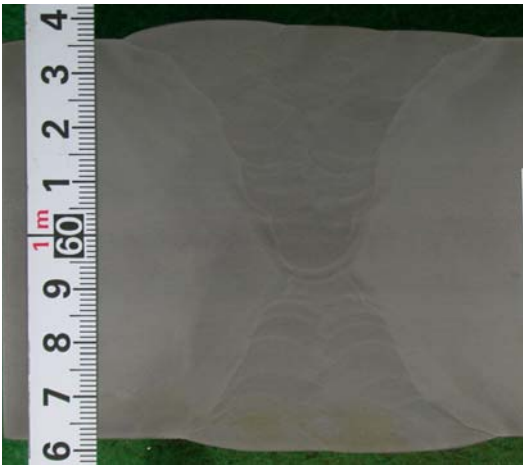


Fig. 9 양면 다층 SAW 용접부 단면 형상



Fig. 11 EGW 용접부 단면 형상

2.3.4 전극 EGW기법

본 용접 기법은 PE 장이나 탑재 단계에서 수직 자동 용접으로 수행되는 가장 고 능률화된 용접 방법이다. 주요 특징으로는 일면 1 층 용

2.4 후판 대입열 용접

2.4.1 양면 1 층, 2 전극 SAW기법

컨테이너선 후판 고 능률 용접을 위하여 이면 가우징 작업을 생략한 후판 양면 1 층 2 전극

SAW 기법이다. 동 기법은 선형 전극에 대 전류를 사용하기 위하여 용접기 2 대가 병렬로 연결되며 표면 용접할 때 대 전류에 의한 용락을 방지하기 위하여 개선 면 가공에 주의하여 한다. 이 기법은 장비의 무게로 인하여 작동에 필요한 구조물 및 운영 시스템의 구축이 동시에 검토되어야 한다. 따라서 적용을 위해, 공장 건설 초기에 세부계획을 수립하여 필요한 운영시스템을 구축하여야 실질적인 적용과정에서 발생하는 문제점을 최소화할 수 있다. Fig. 12는 2 전극 용접장면을 보여주고 있으며, Fig. 13은 두께 60mm 두께의 양면 1층 SAW 시험편 단면을 나타내고 있다.

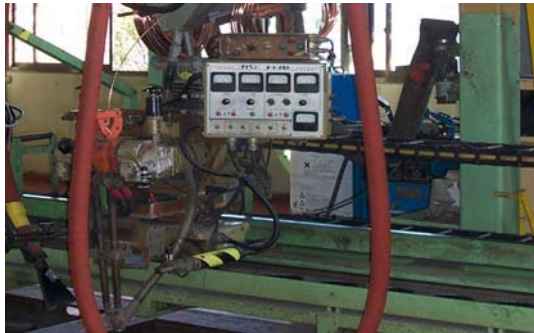


Fig. 12 2 전극 SAW용접 장비

우, 일반적으로 500~600kJ/cm 의 대입열용 TMCP 강재를 사용하여 2 전극 EGW 기법을 적용한다. 본 기법용으로 사용되는 대입열용 강재는 일반 TMCP 강재에 비하여 가격이 높은 편이나 용접 공수를 대폭 절감할 수 있으므로 경제적인 측면에서 유리한 것으로 판단되고 있다. 다만 장비 가격이 비싸고, 중량이 무겁기 때문에 안전한 작업을 위하여 이동하는데 별도 장비 지원이 필요하다. Fig. 14는 대입열 EGW 2 전극 용접 장면을 나타내었으며, Fig. 15는 1 층 EGW를 완료한 시험편의 단면 형상을 보여주고 있다.



Fig. 14 대입열 2 전극 EGW용접 작업

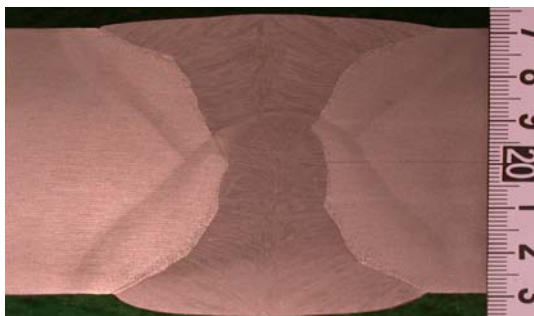


Fig. 13 양면 1 층 2 전극SAW 용접부 단면형상

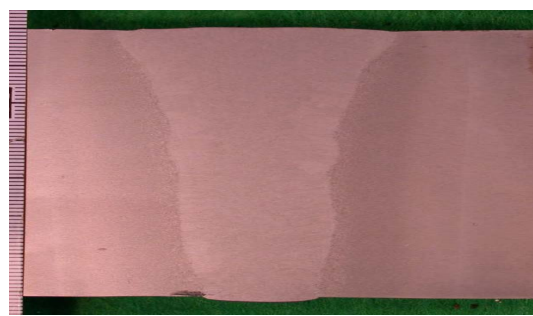


Fig. 14 대입열 2 전극 EGW용접부 단면형상

2.4.2 대입열 2 전극 EGW기법

일반적으로 범용 TMCP 강재는 최대 용접입열 300kJ/cm 이하에서만 용접부의 물성을 확보할 수 있다. 컨테이너선의 블록 탑재 단계에서 두께 40mm 이상의 후판을 EGW 기법으로 용접할 경

3. 결론

최근 대형 컨테이너선 건조는 지속적으로 이루어지고 있으나, 현재의 노후된 설비나 용접 방법으로는 생산성 향상에 큰 어려움이 있을 것으로

예측되고 있다. 따라서 생산성 향상을 위하여 대입열, 고능력 용접기법의 개발 및 적용 확대가 필요하다. 이를 위하여, 강재, 용접 재료, 용접 장비 그리고 조선사 간의 교류 및 협력을 통한 기술 개발이 요구되고 있다.

- 1) 극후판 판이음 및 부분 용접부에 대해서는 2 전극 SAW 기법이 효과적이다.
- 2) 블록간 용접 생산성 향상을 목적으로 FGB 기법의 적용 확대를 위하여, 기계적 성질이 우수한 용접 재료의 개발이 필요하다.
- 3) 2 전극 EGW 기법의 적용 확대를 위해서는 장비의 경량화가 필요하다.

참 고 문 헌

- 김창욱, 2007, “ 국제 선급 규정 재개정에 따른 선박 설계 동향,” 제 4 회 조선강재발전심포지엄.
- 현대중공업, 2007, 컨테이너선에 적용된 강재 종류 및 두께.



< 구 연 백 > < 성 희 준 >



< 최 기 영 > < 김 경 주 >