

선박외판 문자 자동용접 시스템의 개발

윤훈성[†]*, 양종수*, 김호경*, 최영달*

STX 조선주식회사 조선해양연구소*

Development of a Automatic Welding System for Various Marks on the Hull of Vessels

Hun-Sung Yoon[†]*, Jong-Soo Yang*, Ho-Kyeong Kim* and Young-Dal Choi*

STX Shipbuilding Co., LTD. Shipbuilding & Ocean Research Institute*

Abstract

The letters and marks on the hull of vessels are marked by welding bead or steel plate to resist the corrosion environment. It has done by manual work. So, it cause deterioration of welding quality and process delay and so on. The automated welding device for draft mark has developed partially in the field of shipbuilding. But it can be used for draft mark only. And it has caused a few problems about that workability and movability are decreased owing to the size and weight of device. So we developed the automated welding device that can be used for most letters and marks on the hull. It designed to 3 axes mobile robot include to rotation axis and stand alone type controller with multi GUI base on imbedded windows.

※Keywords : Data Converter(데이터 변환기), Portable Rail(이동식 레일), NC-Data(NC-데이터), Lettering Welding System(문자용접장치)

1. 서론

통상 선박의 외판에는 Manifold Mark, BHD Mark, Tank Mark, Bow Mark 등과 같은 선박의 운항 또는 정비에 필요한 정보를 표시하는 각종 마크, 문자 및 숫자(이하 문자)가 존재하며, 이 문자들은 부식 환경에 대응하기 위해 용접 비드(Bead) 또는 Steel Plate를 이용하여 표기되고 있다. 이러한 문자를 작업하기 위해 작업자는 수작업으로 위치를 마킹하고, 외곽라인을 편칭한 후 용접작업을

행하고 있다.

이러한 현 작업체제에서는 연속되는 마킹 및 편칭작업으로 작업자의 안전이 위협받을 수 있으며, 작업자의 기량에 의존한 수작업으로 품질의 산포 및 저하의 문제점이 제기되고 있다. 또한, 작업 시간이 길어져 해당 공정의 전체 작업 스케줄이 지연되는 문제점이 발생할 수 있다.

이러한 이유로 조선업계에서는 자동으로 마크를 용접할 수 있는 장치의 필요성이 대두되어 왔으며, 몇몇 개발 사례가 보고되어 왔다. 하지만 기 개발된 마크 용접 장치의 경우 오직 흘수마크(Draft Mark)만 작업이 가능할 뿐만 아니라 장치의 크기 및 무게의 이유로 작업성 및 이동성이 떨어지는

문제를 야기시켰다.

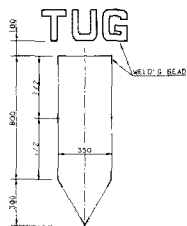
본 연구에서는 문자 자동용접 장치의 활용성을 극대화하기 위하여 선박 외판 상의 거의 모든 문자에 적용이 가능하고, 소형 경량화 될 수 있도록 용접 시스템을 구성하였다. 이를 위하여 회전축이 포함된 3 축 이동 로봇으로 하드웨어를 설계하였으며, 사용자 편의를 위하여 임베디드 윈도우 기반으로 멀티 GUI 를 제공하는 소프트웨어가 탑재된 독립 제어기를 사용하였다.

2. 시스템 개요

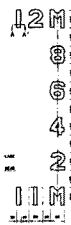
2.1 적용 대상

본 연구에서 개발된 자동용접 시스템은 LWS(Lettering Welding System)로 명명하였고, LWS로 작업 가능한 Mark 의 종류는 그림 1 과 같이 Manifold, BHD, Tank, Draft Mark 등 문자와 숫자 및 도형으로 이루어진 모든 Mark 에 적용이 가능하다. 하지만 시스템의 Y 축(문자의 길이 방향) 유효 Stroke 로 인해 선사 Mark 등과 같은 대형 문자의 적용에는 한계가 있다.

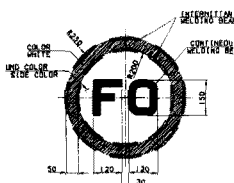
2.2 LWS 개요



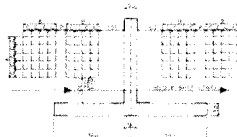
(a) TUG Mark



(b) Draft Mark



(c) Manifold Mark



(d) Tank Mark

Fig. 1 Various marks on the hull of vessels

그림 2 는 LWS 의 개략도를 보여주는 것으로써 크게 1.5M 의 이동식 Rail 과 회전 축(R), 직교좌표 축(X-Y)을 가진 3 축 로봇으로 구성되어 있다. X 축 방향으로 늘어진 문자 또는 복수 문자를 용접할 시에는 직교좌표 축만을 구동하여 작업을 행하고, 평면 또는 곡면 외판의 단수 문자를 용접할 시에는 이동 및 부착의 편리성을 위해 Rail 을 제거한 후 로봇의 Y 축과 R 축만을 구동하여 작업을 실시할 수 있도록 조합되어 있다.

이동식 Rail 의 경우 총 6 군데의 지지부가 있으며 이 중 3 곳의 지지부에는 회전 바퀴가, 나머지 3 곳에는 마그네틱 베이스가 장착되어 있어 Rail 의 이동 및 고정이 손쉽게 이루어지도록 구성하였다. 본 Rail 에 대해서는 3 장에서 보다 자세하게 기술하고자 한다.

그림 3 은 LWS 의 현장 적용 사진으로써 3 축 로봇이 탑재된 기계부와 PC 베이스로 제작된 제어부가 독립적으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 본 제어부에는 터치 스크린이 장착된 패널 PC, 3.2Mpps 의 펄스 속도를 가진 4 축 제어 모션 컨트롤러, 32 채널의 DIO 보드 및 전원공급장치 등이 유기적으로 구성되어 있으며, 노이즈가 강한 용접 환경에 대처하기 위해 모든 시그널 케이블은 내노이즈성 특수 케이블을 사용하였다.

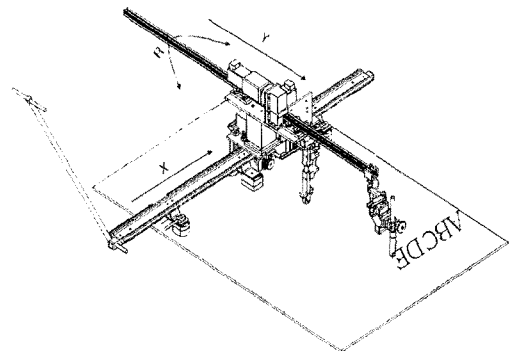


Fig. 2 Schematic of LWS

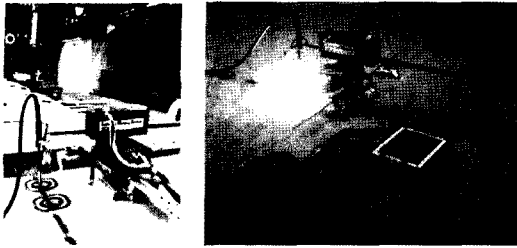


Fig. 3 Appearance of LWS

3. 시스템 구성

3.1 시스템 Layout

본 시스템은 크게 3 축 로봇과 독립된 제어기로 구성되어 있다. 제어기에는 각 주요 기능별로 모듈화된 스레드(Thread)로 구현되며, 상호 유기적으로 연동된다. 또한, 그림 4 에서 보여지듯이 임베디드 PC 로 구성된 제어기에는 동작, 용접, 센서 등의 신호를 통제하여 3 축 로봇이 가장 효율적으로 작업할 수 있도록 각 축의 모터, 근접 센서 및 레이저 센서를 In-line 상에서 관리한다.

3.2 하드웨어 구성

LWS 의 구동부인 로봇은 문자 마크의 길이 방향 이동을 위한 X 축, 폭 방향 이동을 위한 Y 축, 로봇 독립 구동 시 작업 방향 이동을 위한 회전(R) 축, 용접 토치의 CTWD(Contact tip To Work Distance) 제어를 위한 Z 축 및 Y 축의 강성 보강을 위한 Support Leg 로 구성되어 있으며 주요 축의 제원은 표 1 과 같다.

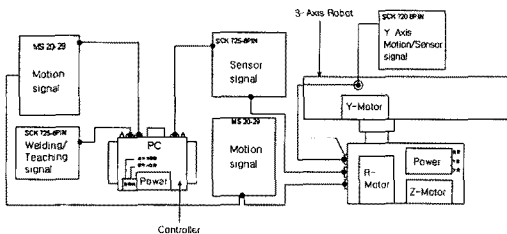


Fig. 4 Layout of system

Table 1 Specification of axes

Element	Stroke	Velocity (cm/min)	Weight (kg)
Axis-X	1500mm	0~70	5.5
Axis-Y	1000mm	0~70	8.5
Axis-Z	150mm	-	1.5
Axis-R	10°~170°	0~150	6.0
Support Leg	100mm	-	1.5

그림 5 는 LWS 의 주요 하드웨어 구성품을 보여주는 것으로써 바디 부, Y 축 구동 부, 토치 클램프 부, 레이저 센서 부, Support leg 부 및 Rail 부로 구분할 수 있다. 바디 부에는 R, X 축을 구동할 수 있는 모터가 장착되어 있으며, Rack-pinion 기어로 구성되어 있다. 또한, R 축은 하모닉 드라이버로 구성하여 고정도의 반복 정밀도가 나올 수 있도록 하였다. Y 축 구동 부에는 Speed guide rail 을 적용하여 Mx, My 모멘트 영향을 최소화하였다.

Rail 은 그림 6 과 같이 이동과 탈착의 편리성을 위하여 Ball caster 와 마그네트 베이스인 Mag-switch 를 Rail 에 부착하였고, Switch on 시 Ball caster 의 볼이 내부로 삼입되어 Rail 이 고정되고, off 시 볼이 외부로 돌출하여 이동이 가능하도록 구성하였다.

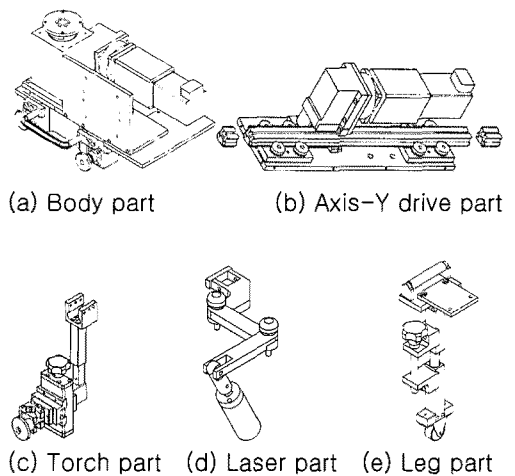


Fig. 5 Hardware component parts of LWS

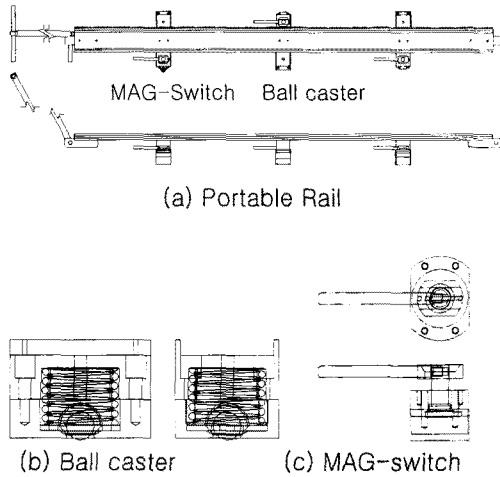


Fig. 6 Schematic of portable rail

3.3 소프트웨어 구성

LWS 의 소프트웨어는 그림 7 과 같이 하나의 메인 쓰레드(Main Thread)에 크게 4 개의 하위 쓰레드로 구성되어 있다. 마크 입력 쓰레드에서 문자의 정보를 메모리에 저장되어 있는 DB 에서 선택한 후 세부 항목을 입력하여 작업 대상이 되는 모든 문자의 정보를 사전에 입력하고, 모션 쓰레드는 입력된 정보에 따라 자동으로 최적 경로를 계산하게 된다. 센싱 쓰레드에서는 로봇의 이동이 입력 Data 와 동일한지를 감지하고, 이상 발생 시 비상 쓰레드에서 긴급 정지 신호를 메인 쓰레드에 보내게 된다. 메인 쓰레드에서는 상기의 하위 쓰레드를 통한 제어하여 현재의 작업 정보를 실시간으로 나타내어 줄 뿐만 아니라 작업된 문자 용접 정보를 작업 일보 또는 월보 형태로 저장하는 등 사용자 편의를 위한 각종 작업을 수행한다.

또한, DB 에 입력되지 않은 마크의 경우 강제 절단을 위해 가공 공정에 전송되는 마킹 정보 및 절단 코드가 포함된 전자도면을 이용하여 마킹 정보를 추출한 후 LWS 에 사용가능한 NC-코드로 변환하여 작업할 수 있는 마크 정보 자동 추출 및 변환 알고리즘이 포함되어 있다.

그림 8 은 마크를 추출하기 위한 흐름도로써 'Register shape' 단계에서는 NC-코드가 저장된 파일에서 Marking off 명령어와 Rapid on 명령어

사이에 있는 코드들을 형상으로 구분하여 임시 마크 자료 구조에 저장하고, 'Construct mark' 단계에서는 임시 마크 자료 구조에 저장된 형상들 중에서 온전한 도형들만을 작업 공간 크기 내에서 재구성한다.

그림 9 는 'Register shape' 단계에 대한 구체적인 흐름도로써 전자도면을 오픈한 후 동작 명령어와 비동작 명령어를 구분한 후 동작 명령어만 추출하여 Marking off 명령어(M10)가 등장할 때까지의 코드를 형상화하여 저장한다.

그림 10 은 'Construct mark' 단계에 대한 흐름도로써 'Register shape' 단계에서 임시 저장된 마크 형상들 중 페루프를 이루는 마크를 추출한 후 마크 시작점에서의 전체 크기를 계산하고 사전에 입력된 크기 정보(작업 가능 구역)와 비교하여 마크 정보를 취합 또는 분리하게 된다. 이와 같이 재구성된 마크들은 다시 마크 입력 쓰레드로 전송되어 새로운 디렉토리에 저장된다.

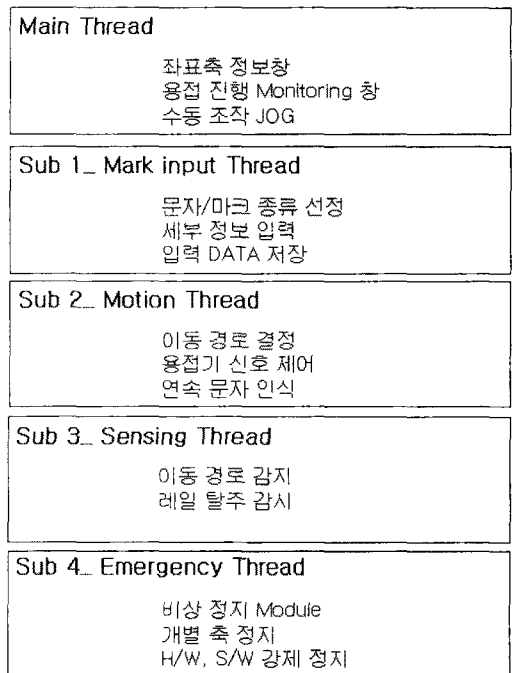


Fig. 7 Structure of software

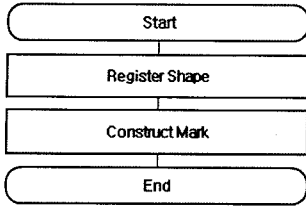


Fig. 8 Flowchart to mark acquisition

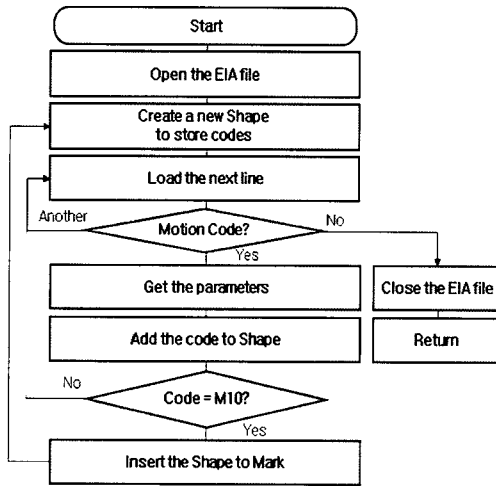


Fig. 9 Flowchart to 'Resister shape' stage

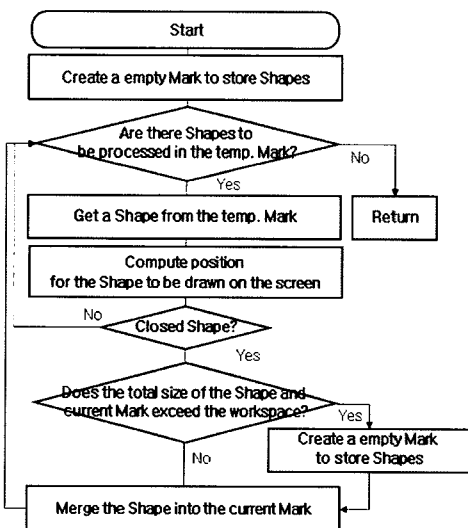


Fig. 10 Flowchart to 'Construct mark' stage

그림 11 은 C 환경으로 제작한 소프트웨어의 메인 화면을 보여주는 것으로써 작업 대상 문자의 정보, 이동 축의 모터 상태, 용접 진행 상황 등의 정보를 보여준다. 그림 12 는 작업할 마크를 선택하기 위한 화면창의 GUI 로써 (a)는 사전에 입력된 마크 정보의 Database 이다. 본 창에서는 Manifold, Tank, BHD, Tug, Draft 마크 등을 선택할 수 있다. 기존의 DB 에 없는 새로운 마크의 경우 (b)화면창에서 상위 Server 에 접속하여 그림 8~10 의 알고리즘에 의해 마크 정보를 획득한다. 그림 13 은 마크높이가 작업범위를 초과하거나, 마크 위치상 레일 설치 장소가 협소할 경우 좌표 변환 또는 미러링을 할 수 있도록 구성된 화면창이다.

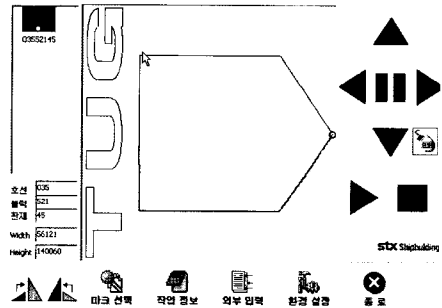
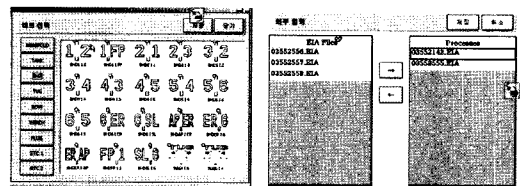


Fig. 11 GUI of main screen



(a) Mark DB (b) NC-code converter

Fig. 12 GUI of mark information screens

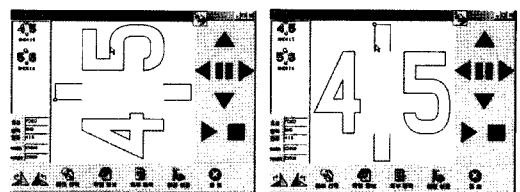


Fig. 13 GUI of mark position transformation

4. 현업 적용

LWS의 주요 적용 공정은 평판의 판재 용접 공정 및 탑재 단계의 홀수마크 용접으로 선체 외판상에 적용되는 거의 모든 문자 및 마크 용접이 가능하다. 기존의 문자 작업 시 요구되었던 문자 전체에 대한 마킹 및 펀칭 작업없이 LWS Rail의 기준선과 해당 문자의 시작점의 정보만으로 작업 준비는 완료된다. LWS 설치 후 PC 컨트롤러에 입력된 문자 정보를 호출한 후 작업 시작 버튼을 누르면 용접이 시작되고, 완료 시 자동으로 원위치로 복귀한 후 로봇 동작은 정지된다. 또한, 길이 방향으로 긴 마크 또는 복수 문자일 경우 Rail의 추가 연결이 가능하여 한번의 설치로 작업을 완료할 수 있다.

용접 시작점과 종료지점의 자연스러운 연결을 위해 아크 스타트 지연시간을 적용하여 아크가 발생한 후 기구부가 동작하고, 종료 시 크레이터 처리를 한다.

그림 14는 LWS를 사용하여 작업한 문자를 보여주는 것으로써 용접 속도가 250cm/min으로 수작업에 비해 매우 빠를 뿐만 아니라 용접 비드(Bead)가 미려하고 정확하여 불량으로 인한 재작업이 없어지는 장점이 있다.

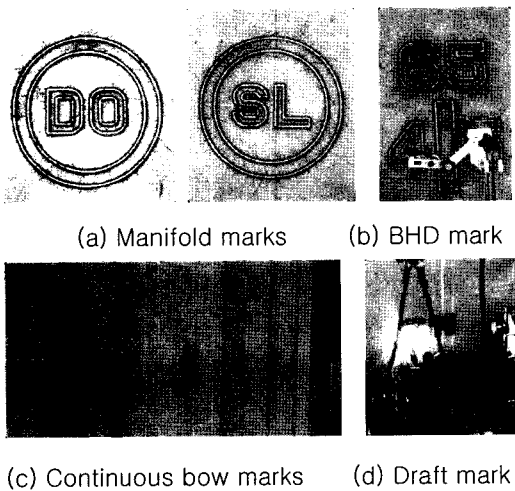


Fig. 14 Appearance of welded marks

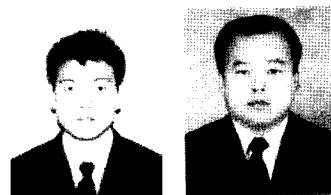
5. 결론

선박 외판 상에 표기되는 문자 및 마크를 자동으로 용접할 수 있는 Lettering Welding System을 개발 완료하고 현업에 성공적으로 적용하였다.

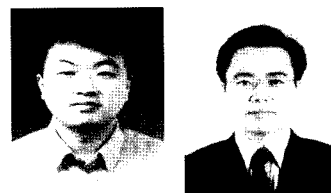
이로써 문자, 마크의 마킹 및 펀칭 작업공정을 제거할 수 있었고, 용접 속도 및 품질의 획기적인 향상으로 기존 수작업에 대비하여 많은 시수 절감 효과가 기대되며 또한, 작업자의 근골격계 질환 예방 및 대 선주, 선급 신뢰도 향상에도 도움을 줄 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- Ahmad S., Luo S., 1989, " Coordinated motion control of multiple robotic devices for welding and redundancy coordination through constrained optimization in Cartesian space" , A publication of the IEEE Robotics and Automation Society, Vol. 5, No. 4, pp.409-417
- Xu Yusheng, Yang Wentong and Wang Lei, 2005, " Analysis and Study of the Special G and M Codes Used in NC Machining" , DIE & mould industry, No. 12, pp.44-47



< 윤 훈 성 > < 양 종 수 >



< 김 호 경 > < 최 영 달 >