

조선의 용접자동화 응용

한용섭*

Application of automatic Welding System in Shipbuilding

Yong-seop Han

1. 서론

조선공업은 용접을 기본적인 생산기술로 사용하는 대표적인 조립산업이다. 일반적으로 조선 건조작업은 5% 부재 제작, 48~50% 선각 조립, 30~35% 의장, 9~12%의 도장 및 기타 3%로 구성되며, 이들 각각의 작업중 25~28%가 용접작업이다[1]. 따라서 조선에 있어서 용접기술은 건조공수 면에서 뿐만 아니라, 선박의 기본 품질성능의 확보 면에서도 중요한 위치를 차지하고 있다.

용접기술은 크게 용접의 가능성 여부, 즉 금속학적인 측면이 강조되는 용접성, 구조강도학적으로 내구성 측면이 강조되는 용접구조물 설계, 용접능률 측면이 강조되는 용접생산성으로 나눌 수 있다. 국내 조선소의 경우 10년 전만 하여도 용접성이 중시되어 이 분야에 대한 연구가 많이 수행되어 왔다. 그러나 1986~87년을 기점으로 하여 용접생산성 면이 강조되기 시작하였다. 즉, 용접작업의 능률의 향상과 작업비용 절감을 위한 용접작업의 합리화, 생력화에 대한 관심이 높아졌다.

본 논문에서는 조선 건조시 사용되는 용접기술의 특징과 최근의 발전 현황을 살펴보고, 용접 생산성을 향상시키기 위한 자동화의 방향 및 사례, 문제점에 대해 간략히 설명하고자 한다.

2. 조선의 용접기술 현황 및 변화

2.1 선박 구조 및 건조 단계

〈그림 1〉은 대형 화물선의 선박 외형 및 선체 중앙부 구조를 나타낸다. 선박의 구조는 외형상 크게 곡선 부분이 많은 선수, 선미 부분과 직선 부분이 많은 중앙부로 나누어지며, 세부 구조적으로는 외판과 외판을 보강하는 종방향 골재(Longitudinal 골재)와 횡방향 골재(Transverse 골재)로 구성된다. 외판과 종골재 및 횡골재와의 조합에 의해 입체 형태로 구성되는 기본 조합을 블록(Block)이라 부르며 이들 블록들을 조립하여 최종 선박이 완성된다.

선박의 건조 과정은 각각의 작업 구성요소에 따라 다음과 같이 나눌 수 있다(〈그림 2〉 참조)[2].

(1) 절단 가공 : 제철 회사에서 공급된 철판을 부재 형태에 따라 절단하는 작업이다. 절단 방법으로는 플라즈마 절단, 가스절단 방법이 많이 사용되며, 최근에는 레이저 절단도 일부 시도된다.

(2) 소조립 단계 : 평판에 단순한 형태의 골재를 취부하는 정도의 소규모 조립이며 작업물의 크기는 약 5~10ton 정도이다.

(3) 중조립 단계 : 소조립이 완료된 것을 평면 형태로 조립하는 과정이며 작업물의 크기는 약 50ton 정도이다.

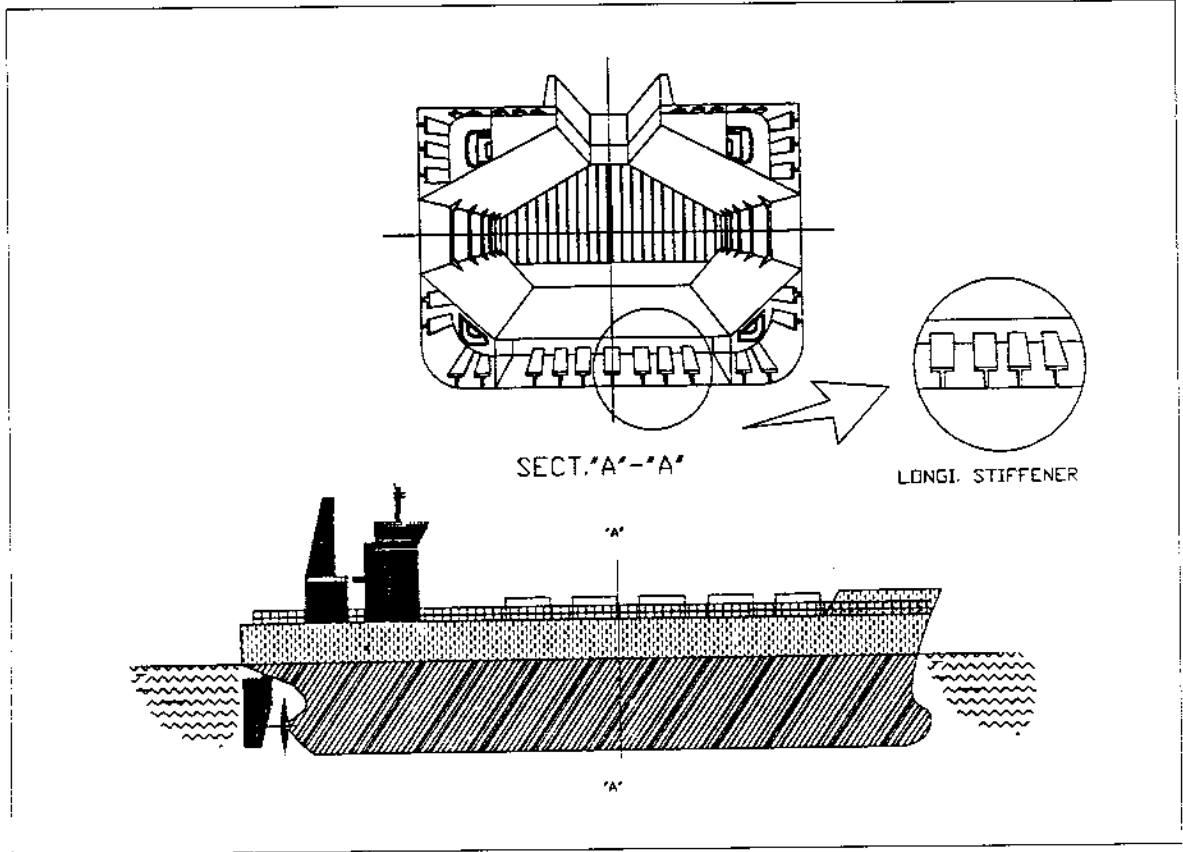
(4) 대조립 단계 : 중조립에서 완성된 작업물을 입체적으로 조립하는 과정으로 작업물의 크기는 약

* 대우중공업 육포조선소 자동화연구실

100~250ton 정도이다.

(5) 탑재 단계: 대조립 단계에서 완성된 블록을 대형 크레인에 의해 도크 혹은 선대에서 최종 선박의 형태로 조립하는 단계이다.

제작 공장에서 사용되고 있다. 용접기의 가격이 저렴하고, 용접봉 및 용접 토오치의 취급이 용이하다는 장점은 있으나, 사용 용접전류 밀도가 낮고, 용접봉을 수시로 교체하기 때문에 용접능률이 매우 낮은 단점



〈그림 1〉 대형 화물선의 외형 및 선체 중양부의 대표적인 구조

2.2 조선에 적용되는 주요 용접방법

선박건조에 사용되는 용접방법은 일반적으로 수동 용접법이라 말하는 피복아아크용접법(Shielded Metal Arc Welding) 및 CO₂ 보호가스 용접에서부터 최근 일부 연구소에서 시험중인 레이저 용접 등 매우 다양하다.

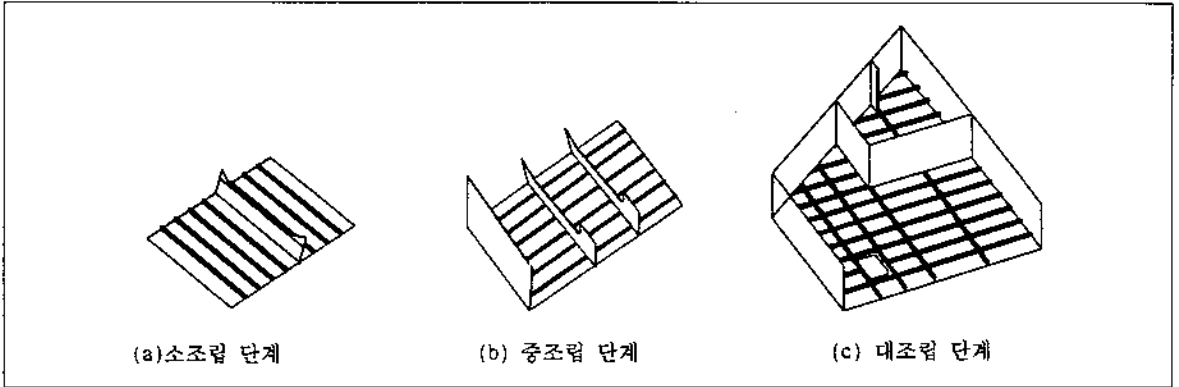
(1) 피복아아크용접(SMAW)

1984년까지 국내 조선소에서 가장 많이 사용된 용접법이며, 아직도 일부 중·소형 조선소나 철구조물

이 있다. 현재 국내 대형 조선소의 경우 사용율이 5% 이하이다.

(2) 중력식 용접법(Gravity 용접법)

용접원리는 SMAW와 같으나, 용접봉을 고정시킬 수 있는 간단한 치구를 이용하여 한 사람이 5~10개 정도의 다수의 용접봉을 사용하는 방법이다. 사용하는 용접봉은 용접능률을 높이기 위해 철분산화계의 피복 플럭스를 적용하고 있다. 본 용접법은 용접능률이 높아 국내 대형 조선소의 경우 전체 용접량의 20% 정도 사용되고 있다. 그러나 이 방법은 아크빔이 강할



〈그림 2〉 선박의 조립 단계 구분

뿐만 아니라 용접연기도 많이 발생하여 작업환경이 나쁜 단점을 갖고 있다. 또한 수시로 용접봉을 교환해 주어야하기 때문에 매우 힘든 작업이다. 따라서 일본의 경우 CO₂용접으로 대체하기 위한 투자가 진행되어 왔다. 현재 일본의 경우는 약 7% 미만만 사용되고 있다.

(3) CO₂ 보호가스 용접

보호가스를 이용하여 용접하는 GMAW(Gas Metal Arc Welding)의 일종으로 CO₂ 가스를 보호가스로 사용하는 용접법이다. 일본 조선소의 경우 1960년경부터 도입한 곳도 있었으나, 용접기가 고가이고, 용접부 외관 형상도 나빠 적용되지 않았다. 그러나 1970년대 말부터 용접성이 양호한 세경 플럭스코어드와이어(FCW)가 개발되어 사용량이 확대되었다. 국내 조선소의 경우도 1984년부터 CO₂ 용접의 사용량이 증가하여, 1987년부터는 전체의 약 60% 까지 사용되고 있다. CO₂ 용접법에 사용되는 용접재료는 일반 선재 형태인 Solid Wire 와 FCW 두 종류가 사용되고 있으나, 국내 조선소의 경우 약 90%이상이 FCW를 사용하고 있다.

보호가스로는 한국이나 일본에서는 대부분 CO₂ 가스를 사용하고 있으나, 유럽에서는 Ar 가스를 혼합하여 사용하고 있다. 최근에는 용접능률을 향상시키기 위하여 He가스를 첨가 한 다원계 보호가스도 사용하고 있다.

FCW를 이용하는 용접법으로는 CO₂ 보호가스를 사

용하지 않는 Non-gas Flux Cored Arc Welding도 있으나 용접 작업성이 나빠 국내에서는 거의 적용되지 않는다. 미국 등에서는 해양구조물의 용접에 일부 적용되고 있다.

(4) 잠호용접 (Submerged Arc Welding)

조선소에서는 일명 자동용접이라 불리는 용접 방법으로 용접 아크가 도포된 분말 형태의 플럭스 속에서 일어나기 때문에 잠호용접이라 한다. 적용되는 용접부는 길이 3~4 m 이상 철판 두 장을 용접하여 1장의 평판으로 만드는 부위이다. 사용 용접전류가 높기 때문에 용접능률은 매우 우수하나, 용접시 분말 형태의 플럭스를 도포하기 때문에 용접자세가 하향에 국한되어 적용 부위는 제한된다. 조선용접의 약 10% 내외를 차지하고 있다.

본 용접이 도입된 초기에는 판재의 양면을 용접하는 것을 원칙으로 하였으나, 1964년부터 편면용접이 개발되어 적용되기도 한다. 일본의 경우 대부분 조선소가 편면용접을 적용하고 있으나, 국내 조선소의 경우 오히려 양면용접을 대부분 적용하고 있다. 용접능률을 높이기 위해 동시에 2개 혹은 4개 와이어를 사용하는 방법도 개발되어 적용되고 있다.

(5) Electrogas Arc Welding

수직의 철판을 상호 용접하는 고능률 용접기법으로 보호가스 용접인 GMAW의 변형된 기법이다. 두꺼운 철판을 한 층으로 용접이 가능하기 때문에 주로 탈재

단계에서 블록외판을 용접하는 곳에 적용된다. 그러나 용접 준비시간이 많이 소요되기 때문에 4m 이상의 용접부에만 적용된다. 수직용접부에는 한때 Electroslag Welding도 적용되었으나 준비 작업의 어려움 및 용접부 기계적성질의 문제점 때문에 현재 조선소에서는 거의 적용되지 않는다.

(6) 텅스텐 용접법 (Gas Tungsten Arc Welding)

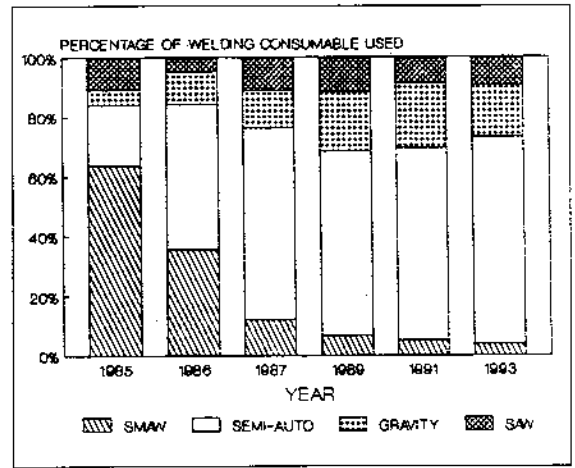
앞에서 설명된 용접법들은 용접재료와 모재 사이에 아크를 일으켜 발생된 열로 용접이 이루어지나, 본 용접방법은 모재와 비소모성인 텅스텐 용접전극 사이에 아크를 일으키고 소모성 용접재료를 부가적으로 공급하여 용접하는 방법이다. 적용되는 곳은 주로 파이프 형태의 용접부이며, 일부 얇은 판재의 용접에도 적용된다. 최근 대우중공업에서 제작한 LNG 선박의 경우 액체 LNG 저장창고를 이 용접방법으로 용접하였다.

각 조선소의 용접자동화율을 상호 비교하기 위해서는 이들 용접방법에 사용되는 용접재료의 사용율을 비교, 판단하는 것이 가장 간단한 방법이다. <그림 3>은 국내 조선소에서 대표적으로 사용하고 있는 용접재료의 사용 비율을 년도별로 나타내며, <그림 4>는 일본 대형 조선소의 사용 비율의 변화를 나타낸다[2, 3]. 국내의 경우 1985년 이전에는 SMAW 방법이 전체 용접의 65% 이상을 점유하고 있었으나, 1985년을 기점으로 급속히 감소하여 1987년에는 CO₂ 용접이 전체의 60% 정도 차지하게 되었다. CO₂ 용접이 급격히 증가하게 된 것은 CO₂ 용접용 전 자세 FCW가 개발된 덕분이었다. 1989년 이후부터 최근까지 이 비율은 거의 변하지 않고 있다. 일본 조선소의 경우 1976년까지는 국내 조선소와 유사하게 SMAW방법이 많이 사용하였으나, 그 후부터 1983년까지 CO₂ 용접이 급속히 증가하였다. 1983년 이후부터 외형상 CO₂용접이 줄고 있으나, 대체되고 있는 기계화용접이 대부분 CO₂ 용접을 기본으로 하고 있기 때문에 용접재료 사용량 자체는 감소하지 않았다.

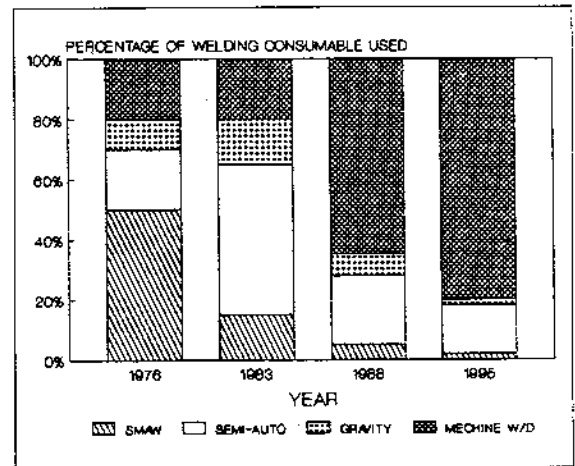
일본 조선소와 국내 조선소의 차이는 Gravity 용접 사용량이다. 일본의 경우 1983년을 기점으로 사용량이 급격히 줄고 있으나, 국내의 경우는 최근까지 약 20% 수준으로 사용되고 있다. 물론 국내의 경우도 다

음에 설명할 간이자동용접법 혹은 전용 필렛용접장치 등으로 대체되고 있으나, Gravity 용접의 우수한 용접능률 때문에 대체되는 속도는 그다지 빠르지는 않다.

일본의 경우 1988년과 1983년을 비교해보면 기계화 용접이 급속히 증가하고 있음을 알 수 있다. 기계화 용접은 간이자동화, 전용설비자동화, 로봇용접들이 포함된 개념이며, 최근 일본의 설비 투자내용으로 판단해 볼 때 일본에서의 기계화용접은 앞으로도 계속 증가할 것이다.



<그림 3> 국내 대형 조선소의 용접재료 사용량의 변화



<그림 4> 일본 대형 조선소의 용접재료 사용량의 변화

3. 조선 용접의 자동화 방향

3.1 조선 용접의 특징

용접을 주요 조립 생산기술로 하는 용접구조물의 용접생산성 향상을 위한 용접합리화 혹은 용접자동화를 위해서는 무엇보다도 각 구조물 및 작업환경의 특징을 정확히 파악하여야 한다. 선박의 용접구조를 타 용접구조물과 비교하면 다음과 같은 특징을 들 수 있다[1, 2].

(1) 전형적인 주문 생산으로 매 척마다 선종, 선형이 다른 다품종 소량 생산이다.

(2) 용접장이 대단히 길다. 대형 유조선의 경우 용접장이 80만m에 이르며 3만톤 정도의 작은 화물선의 경우도 약 17만m에 이른다.

(3) 부재들이 대형이어서 운반이 힘들고 고소 작업이 많다.

(4) 용접 부재들의 정도가 부정확하다. 정도의 부정확은 구조물의 크기 뿐만 아니라, 절단 및 용접시 필수적으로 동반되는 변형도 원인 중의 하나이다.

(5) 부재가 대형이고 용접 부위가 많아도 요구되는 품질의 수준은 높다.

(6) 선수, 선미부가 곡선 구조이기 때문에 필수적으로 협소한 곳이 많다. 특히 이중 선체구조인 경우 용접자동화 장비와 용접사의 접근이 어려운 곳도 있다.

이러한 특징들 때문에 선박용접의 경우 완전 자동화가 힘들 뿐만 아니라, 필수적으로 숙련 노동자가 필요하다.

3.2 조선 용접의 생산성 향상 방안

조선 용접의 특징을 고려한 용접생산성 향상 방안은 여러가지가 있을 수 있으나, 그 기본 원칙은 다음과 같이 요약된다[4].

(1) 단위 시간당 용착량 증가.

(2) 용접을 위한 순수 작업시간 (소위 Arc Time) 증가.

(3) 용접속도의 증가.

(4) 구조물의 용접장 감소.

(5) 단위 용접장에 대한 용착량 감소.

단위 시간당 용착량을 증가시키는 방법으로는 대전류 용접, 대전류밀도 용접을 들 수 있다. 잠호용접은 대전류 용접의 대표적인 용접법이고, CO₂용접은 대전류밀도 용접의 대표적인 용접법이다. 특히 플럭스코어드와이어의 경우 얇은 판상 형태의 철 외피에만 전류를 흘리기 때문에 전류밀도가 매우 높아 단위 시간당 용착속도가 빠르다. 잠호용접의 경우 단위 시간당 사용 용접전류를 높이기 위해 사용 와이어를 2개~4개까지 증가시키는 방법도 사용된다.

그러나 용접시 용착량을 증가시키기 위해 용접전류를 높이면 상대적으로 용접부의 기계적 성질이 나빠지기 때문에 제한을 받는다. 이를 개선하기 위해서는 용접재료의 특성도 향상시켜야 하지만, 동시에 용접모재의 특성도 개량되어야 한다. 몇년전 개발된 TMCP 강은 고전류 용접이 가능하게 설계된 대표적인 용접모재이다.

용접 Arc Time 증가를 위한 방법으로는 용접봉 교환용 용접 보조작업을 간소화시켜 순수 용접 작업 시간을 증가시키거나, 일인이 다수 아크를 발생시켜 Arc Time을 증가시키는 방법이 있다. 대표적인 다수 아크 발생방법은 Gravity 용접법이다. 이 방법은 일반 수동 용접인 SMAW 와 동일한 용접봉을 사용하면서도 간단한 치구를 이용하여 동일한 시간에 1인이 다수의 아크를 발생시킨다. 최근에 개발된 수평필렛전용 장치도 1대의 대차에 2개 혹은 4개의 용접토오치를 달아 Arc Time을 증가시키고 있다. 또한 일부 로봇용접시에도 복수의 토오치를 사용함으로써 Arc Time을 증가시켜 용접능률을 향상시킨다.

용접속도를 증가시키기 위해서는 기본적으로 용착속도를 증가시켜야 한다. 그러나 우수한 용접품질을 확보하기 위해서는 용접속도가 제한을 받는 경우도 있다. 용접모재의 성분중 탄소 함량이 높게되면 용접속도에 따라 용접부 냉각속도가 과도하게 증가하여 건전한 용접부를 얻지 못할 수 있다. 이 경우 탄소 함량이 낮은 모재를 선택함으로써 용접속도를 증가시킬 수 있다. 또한 용접부 설계시 용접자세도 용접속도에 영향을 준다. 동일한 용접부를 위보기 자세로 용접하

면 용접 속도도 늦을 뿐만 아니라 용접불량도 많이 발생하나, 아래보기 자세로 용접하면 용접속도도 빠르고 용접불량이 발생할 확률도 줄일 수 있다.

구조물의 용접장 감소를 위해서는 단위 블록의 대형화를 통해 맞대기 용접장을 줄이는 방법이 있다. 구조물의 강도 향상을 위한 방법에서도 보강재 수를 늘이는 것보다 판 두께를 늘이는 것이 용접장을 줄이는 방법이 된다. 또한 맞대기 용접부의 용접장을 줄이는 대신 필렛 용접부를 늘이는 것이 용접시간을 줄이는 방법이다.

단위 용접장에 대한 용착량 감소방법은 용접부 개선각도를 줄이는 것이 효과적이다. 예를 들어 CO₂ 용접의 경우 V개선 형상에서 개선각도를 50°에서 45°로 줄이면 용접단면이 감소하여 용접 재료의 절감과 고능률을 도모할 수 있다. 또한 동일한 하중을 받는 부위를 연강에서 고장력강으로 대체함으로써 강관의 두께를 줄일 수 있으며, 이는 결국 용착량을 줄이는 효과를 가져왔다. 용접부의 정도 확보도 용접면적을 줄이고 품질을 확보하기 위한 기본요소이다. 용접부 Gap의 1~2 mm 차이가 용착량의 10~20%의 차이를 가져온다. 또한 용접자동화를 위해서는 부재의 정확한 가공정도가 필수적이다. 즉 자동화용접에 많이 사용되는 CO₂용접재료의 직경이 1.2mm인 상태에서 가공 정도가 3~4mm 정도 발생하면 용접와이어의 겨냥 위치가 달라지며 우수한 용접품질을 보장하기 힘들다.

3.3 조선 용접의 자동화 목적

조선 공업에서의 용접자동화 목적은 각 조선소의 작업 물량, 작업 환경에 따라 결정된다. 일본 조선소의 경우 70년대초 호황때 증설하였던 설비 및 증원된 작업자들을 80년대 대폭 감축하였으나, 90년대 수주량 증가에 따른 생산물량을 처리하기 위해 설비 투자와 인력의 확보가 필요하였다. 설비 증설은 문제가 없었으나 조선업이 3D업종으로 간주되어 작업자를 확보할 수가 없었으며 특히 숙련된 작업자가 부족하였다. 따라서 자동화 투자는 미숙련자 혹은 노약자도 작업할 수 있는 작업장 및 작업 환경을 개선하기 위해 집중 투자되었다. 1988년 3월을 기준으로 볼 때 일본

26개 조선소의 평균 연령은 41.1세이었으며, 용접사수도 1975년을 100으로 기준하였을 때 1987년 경우 18로 감소되었다[5]. 이러한 경향은 앞으로도 심화될 것이다. 따라서 일본 조선소의 경우 새로운 노동 인력을 채용하기 위해서는 소위 3D 산업이라는 이미지 탈피가 급선무일 것이며, 미 숙련자도 쉽게 작업할 수 있는 자동화 설비가 요구된다. 이에 비해 국내 조선소의 경우 자동화에 대한 투자는 최근까지도 주로 생산성 향상을 위해 집중되었다. 94년도 말부터 국내 조선소의 설비 증가가 이루어져 각 조선소에서는 작업자 부족 현상이 나타나기 시작하였으며, 이에 따라 자동화에 대한 투자도 작업 환경 개선을 위한 방향으로 변하기 시작하였다.

이와같이 시장 환경 및 작업 환경에 따라 용접자동화를 위한 투자 목적이 다르기는 하나, 일반적으로 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 용접 Arc Time을 향상을 통한 생산성 향상.
- (2) 1인 다 아크를 통한 비용 절감.
- (3) 숙련 노동자 부족화에 대응한 생력화.
- (4) 작업자 기량에 의존하지 않는 용접품질 향상 및 안정화.
- (5) 안전 사고 방지 및 작업 환경 개선.

3.4 조선 용접의 자동화 순서

용접생산성 향상 및 작업 환경 개선을 위한 용접자동화는 일본 뿐만 아니라 한국의 조선소에서도 앞으로 계속 진행될 것이다. 조선소에서 용접자동화의 일반적인 도입 순서는 다음과 같다.

- (1) 수동 작업의 치구화.
- (2) 반자동 용접의 확대 적용.
- (3) 단위 기계에 의한 용접 자동화.
- (4) 전용 용접설비에 의한 자동화.
- (5) 전 블록 흐름 자동화 및 이에 관련된 용접 공정의 자동화.
- (6) 지능 장비에 의한 무감시, 무인화 용접.

이러한 과정 중 국내 현 수준은 3단계 정도가 대부분이고, 새로운 설비 투자시 일부에서는 4단계를 겨냥하여 설비를 구성 중이다. 일본의 경우 조선소마다

약간씩 차이는 있으나 대형 조선소의 경우 4단계를 완성하고 최근에 5단계의 자동화를 진행 중에 있다. 5단계를 완성하기 위해서는 용접설비의 자동화도 중요하지만, 작업물의 이송장치 및 취급장치, 용접장비의 이송장치 등도 자동화되어야 한다. 일부 자동조선업에서 적용되고 있는 6단계는 조선업의 특성상 도입까지는 오랜 시간이 요구될 것이나, 최근 급변하고 있는 컴퓨터기술 및 제어기술의 발달을 고려해 볼 때 조기에 도입될 수도 있을 것으로 생각된다.

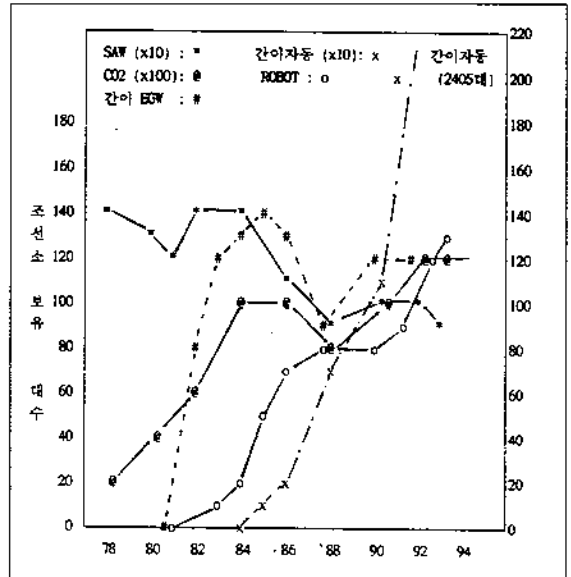
4. 조선 용접자동화의 적용 예

4.1 용접용 대차를 이용한 간이자동화

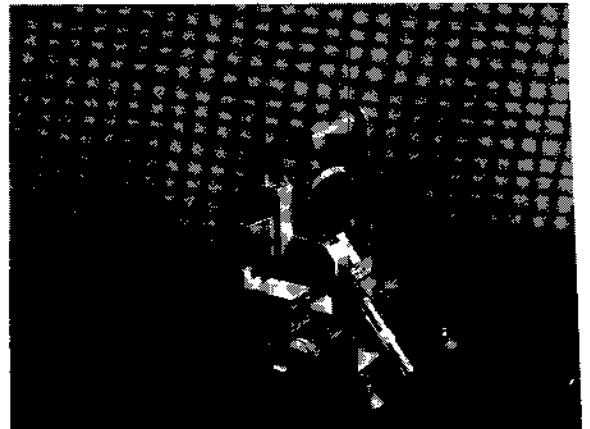
<그림 5>에는 일본 28개 주요 조선소에 보유하고 있는 용접기 대수의 변화를 나타내었다[6]. 본 그림에서 가장 특징적인 것은 84년도부터 시작된 간이자동용접기의 비약적인 증가와 용접로봇의 증가이다. 용접용 대차를 이용한 간이자동용접기는 용접용 와이어가 자동으로 공급되는 반자동 용접의 토오치를 사람 대신에 주행대차에 부착하여 용접하는 방법으로 조선소 작업자에 의해 고안되었다. 간이자동용접기는 소형 경량이며 용접부를 추적할 수 있는 간단한 치구가 있어 1인이 여러 대를 조작할 수가 있다(<사진 1> 참조).

본 용접이 적용되는 부위는 현재 Gravity 용접법으로 용접되고 있는 수평필렛 용접부이며, 용접능률 면에서 Gravity와 대등하고 작업 환경이 우수하여 국내 조선소에서도 사용이 증가하고 있다. 특히 Gravity 용접법에서 문제가 되는 용접연기, 아크빛 등이 상대적으로 적게 발생할 뿐만 아니라, 용접후 수정작업 및 용접봉 교체작업 등의 부대작업이 적고, 미숙련자도 쉽게 사용이 가능하다는 장점이 있다.

간이자동용접기는 투자비가 대형 자동설비에 비해 매우 저렴하고 투자 효과가 즉시 나타나기 때문에 조선소에서는 확실한 투자 대상이었다. 또한 장치가 매우 간단하기 때문에 각 조선소에서는 현장 환경에 맞게 개선하여 용접능률을 높이고 있으며, 이러한 개선 결과에 따라서 장치도 다양하여 40여 종류나 시판되



<그림 5> 일본의 주요 조선소 용접기 보유 대수의 변화



<사진 1> 용접대차를 이용한 간이자동용접기

고 있다.

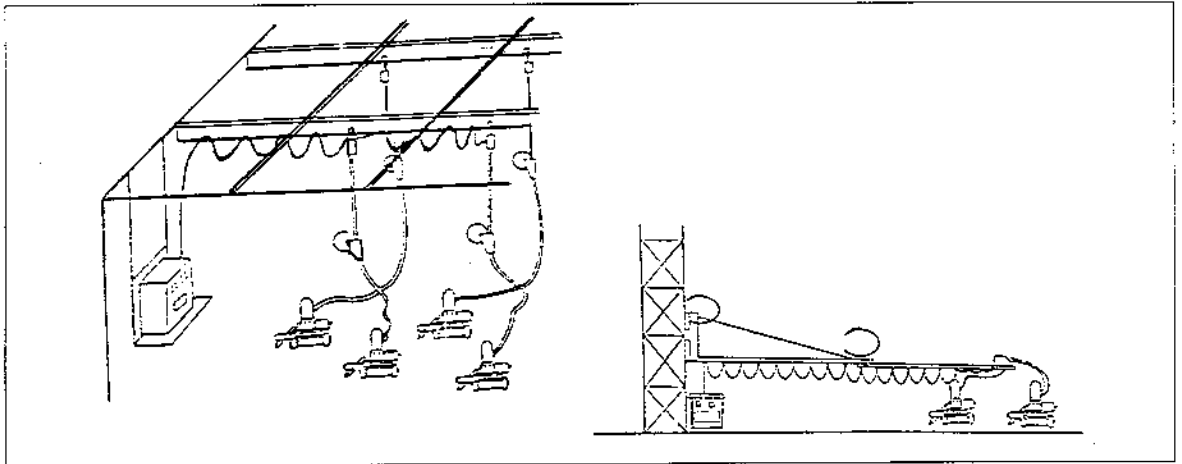
그러나 지금까지 개발된 간이자동용접기는 90% 이상이 수평필렛 용접부만 적용되고 있어 앞에서 설명한 여러가지 장점에도 불구하고 용접능률 향상에는 제한을 받고 있다. 선박 용접부의 80% 이상은 필렛 용접부이고 그 중 80% 이상이 수평자세 용접부이나, 용접량 면에서는 맞대기 용접부위가 많고 용접속도 면에서는 수직 혹은 위보기 용접부위가 가장 낮은 곳이다. 따라서 간이자동용접기의 도입을 통해 용접생산성을 향

상시키기 위해서는 수직자세나 맞대기 용접에도 적용이 가능한 자동용접기가 개발되어야 한다. 특히 맞대기 용접을 위해서는 신뢰도가 높은 용접용 센서가 개발되어야 한다. 또한 노약자들이 취급하기 위해서는 용접기가 더욱 경량화되어야 하며, 직접 작업자가 수행하여야 할 코너부 혹은 모서리 부위의 용접도 가능하게 용접기 성능이 개선되어야 한다[2, 6].

간이자동용접기를 이용하여 용접능률을 향상시키기 위해서는 용접대차의 성능도 향상되어야 하지만, <그림 6>과 같이 용접용 주변장치 즉 와이어 송급장치, 전원선 등의 이동 및 취급을 위한 용접용 보조설비도 설치하여야 한다.

호름화하기 위해 편면용접을 도입하였으며, 최근에는 용접생산성을 높이기 위해 4개의 와이어를 사용하는 고능률 용접방법이 개발되었다. 편면용접은 생산 호름면에서는 유리한 점이 있으나, 용접 종단부에 용접균열이 발생하는 단점이 있다.

(2) 종골재(Longi. 재) 용접용 전용 필렛용접장비
조선에서 가장 기본이 되는 외판에 종골재를 용접하는 전용 용접장비이다. 이 부위는 Gravity용접이 적용되는 전형적인 용접부이었으나, 4~5년전 CO₂ 보호가스를 이용한 전용 장비가 개발되어 급속히 대체되고 있다. 국내 대형 조선소는 전부 이 장비를 설치했



<그림 6> 간이자동용접기를 위한 주변설비의 예

4.2 전용 장치에 의한 용접자동화

(1) 대형 주판용접용 SAW 용접기

국내 조선소의 경우 거의 대부분 주판용접시 양면용접을 이용하고 있다. 용접기는 2개 혹은 3개 와이어 공급장치가 장착된 Tandem 용접기가 사용된다. 용접부개선은 두께에 따라 다르나 I형 혹은 Y형을 채택하고 있다. 양면용접의 경우 한쪽면을 용접후 뒤집어 뒷면을 용접하기 때문에 뒤집는 장치가 필요하다. 대부분의 경우 천정크레인을 사용하고 있으나, 최근 일부 조선소에서는 전용 장비도 도입하여 전체 평판 용접라인을 호름화하였다. 일본의 경우 일찍부터 라인을

거나 설치중이다. <사진 2>는 대표적인 장비를 보여주고 있다. 10~20개의 용접토오치를 이용하여 5~8개 까지의 종골재를 동시에 용접한다. 이 용접방법은 Gravity용접법에 비해 용접능률은 매우 우수하나 전처리 도장된 페인트 때문에 용접결함이 발생하는 것이 문제이다. 용접결함을 줄이기 위해 용접전 페인트를 제거하는 방법이 있으나, 전체 시스템의 호름에 방해를 준다. 또한 일부에서는 용접재료와 페인트 성분을 개량하는 방법 등을 연구하고 있다.

사용되는 용접재료는 산화철분이 포함된 플럭스코어드와이어(일명 Metal Cored Wire)이며, 용접용 토오치가 <사진 2>와 같이 크레인에 설치된 설비와 용접



〈사진 2〉 종골재 전용 용접설비

용 대차에 토오치가 장착된 설비 형태가 있다 (〈사진 3〉 참조).

용접토오치 수는 한쪽에 1개의 토오치가 서로 마주 보게 설계된 장비와 용접속도를 높이기 위해 한쪽에 2개의 토오치가 달린 형태가 있다.



〈사진 3〉 용접용 대차를 이용한 종골재 자동 용접 장치

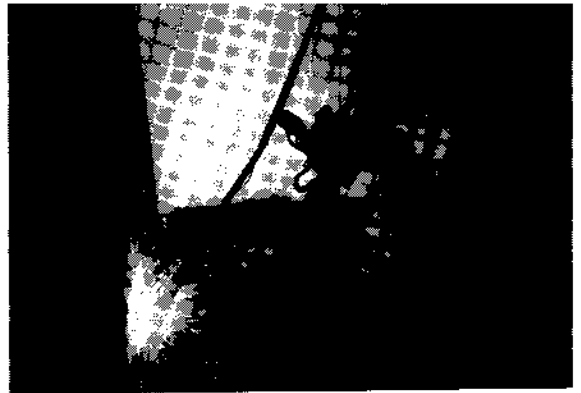
4.3 로봇에 의한 자동화용접

조선에 적용되고 있는 용접용 로봇은 소조립용과 대조립용 2가지로 나누어진다. 소조립용 경우 로봇은 겐트리 형태의 크레인에 부착되어 있으며, 대부분의 경우 용접능률을 향상시키기 위해 용접토오치가 2개 장착되어 있다. 용접부위는 평판과 골재가 용접되는 수평필렛부이며, NC Data를 이용한 프로그램에 의해 조작되게 구성된 것이 대부분이다.

대조립 용접용은 무게가 30Kg 내외의 소형이 대부분이며, 용접부위는 종골재와 횡골재가 교차되는 수직 필렛 부위와 평판에 횡골재가 용접되는 부위이다. 용

접로봇은 전용 이동용 대차에 장착되어 천정크레인을 통해 작업물 위에서 용접위치까지 이동된다.

일본에서는 1980년대 초부터 조선소 자체적으로 개발되어 적용되었으나, 최근 용접로봇 전용 회사에서도 개발하여 시판하고 있다. 〈그림 5〉에서 보는 바와 같이 일본에서는 1993년 현재 130대 정도가 적용되고 있으나, 국내 조선소의 경우는 한 회사만이 도입을 확정하였다. 나머지 국내 조선소의 경우는 연구용으로 도입하여 검토 중에 있으며, 또한 자체 개발 중인 회사도 있다(〈사진 4〉 참조).



〈사진 4〉 국내 조선소에서 개발 중인 대조립용 용접로봇

5. 결론

조선업은 소위 “무겁고, 더럽고, 위험한” 작업이 많은 대표적인 산업으로 이를 해소하기 위해 많은 조선소들은 자동화에 대한 투자를 하고 있다. 그러나 최근까지 자동화를 위한 많은 기술 개발들이 진행되어 왔고 또한 제품들이 개발되어 있지만 아직까지도 많은 개선점이 남아 있다.

가장 쉽게 적용하고 있는 간이자동용접기도 다음과 같은 문제점이 개선되어야 적용 부위를 확대할 수 있다.

(1) 노약자가 사용하기 쉽게 더욱 경량화되어야 한다.

(2) 수평자세 뿐만 아니라 입향자세에서도 용접이 가능하게 개선되어야 한다.

(3) 맞대기 용접부에도 적용이 가능한 제품이 개발되어야 한다.

(4) 코너부와 모서리 부분도 용접이 가능하여야 한다.

전용 자동용접설비의 경우 기술적으로 안정화 수준에 있지만, 무감시 자동용접을 위해서는 열가의 센서 혹은 보다 우수한 제어기술 개발이 필요하다. 예를 들어 주판 자동용접기의 경우 용접선을 추적하는 방안, 용접개선 Gap에 대응하는 방안, 흐름 생산을 위한 주판의 취급 방법들이 개선되어야 한다. 종골재 필렛자동용접기의 경우도 용접품질을 보장할 수 있는 용접재료, 페인트 등이 개발되어야 한다.

용접 로봇의 경우도 다음과 같은 점에서 개선이 되어야 한다.

(1) 작업 반경을 확대하기 위해서 더욱 소형, 경량화되어야 한다.

(2) 기존 용접 방법보다 용접능률이 앞서야 한다.

(3) 고온 다습, 분진 등에 내구성이 우수하여야 한다.

(4) 가공 정도의 차이에도 좋은 품질을 얻을 수 있는 센서가 있어야 한다.

(5) 작업자가 쉽게 프로그래밍할 수 있어야 한다.

그러나 용접자동화를 통해 용접생산성을 향상시키기 위해서는 앞에서 설명한 자동용접기의 성능에 대한 개선도 중요하겠지만 무엇보다도 자동화가 가능하게 용접구조물을 설계하는 것이 중요하다. 자동용접기의 접근이 가능하게 부재들의 공간을 확보하거나, 조립 순서도 자동화장치가 투입 가능하게 설계되어야 한다.

자동화의 최종 단계인 지능장비에 의한 무감시, 무인화 용접을 위해서는 부분적인 용접자동화 이전 단계에서 전체 생산 Line System을 고려하여야 한다. 이를 위해서는 최근 연구되고 있는 CIM 개념이 빠른 시

기에 조선업에도 적용되어야 한다. 설계 및 생산계획 정보가 최종 생산도구인 자동화장치까지 정확히 전달되고, 반대로 자동화장치에서의 생산정보가 설계 및 생산 계획 단계까지 정확히 Feedback될 수 있어야만 자동화의 최종 단계가 완성될 것이다.

{참고문헌}

- [1] 한종만, "조선용접기술의 현황과 합리화 방안," 한국강구조학회지, 3권, 1호, pp. 13-19, 1991.
- [2] 성요경, 한용섭, "조선분야에서의 용접기술의 응용연구," 대한용접학회지, 10권, 4호, pp. 82-90, 1992
- [3] Saito Tzuo, "조선용접의 최근의 동향," 일본조선학회지, 788호, pp. 7-13, 1995.
- [4] 대한용접학회, "제 9회 용접기술강습회 교재," 1991.9.26-9.28
- [5] Hideo Takeda, Hiroshi Koga, "The present condition and the future of automatized, mechanized and robotized welding in shipbuilding," 일본용접학회지, 9권, 1호, pp. 203-208
- [6] 용접시공위원회, "조선용접에의 간이자동기의 적용과 그의 효과," 일본용접협회지, 40권, 3호, pp. 96-102



한용섭(韓龍燮)

1955년 9월 21일생

1978년 서울대 공대 금속공학과 졸업

1980년 한국과학원 재료공학과 졸업

1988 독일 Braunschweig대학교 졸업

현재 대우중공업 목포조선소 자동화연

구실 수석연구원