

## 조선에 있어서 용접의 능률화에 대하여

김 대 섭\*

## 1. 서 언

조선용접의 용접가격절감에 관계되는 諸因子는 joint의 형상, 용접모체의 체결과 두께, 용접법, 용접기량, 자세, 용접재료 등 많으나 전반적인 검토는 복잡하고 또 그 범위가 대단히 넓다.

여기서 용접재료의 소비량을 종류별로 일본 조선소의 경우와 비교해 봄으로써 현재 국내에서 적용하고 있는 용접법의 사용범위를 파악하고, 또 그 용접법의 특성을 검토하여 능률적인 용접법을 선택함과 아울러 그 적용범위를 확대해 나감으로써 조선에 있어서 용접의 능률향상을 도모코자 한다.

## 2. 용접의 省人化 경향

1973년 oil shock 이전까지는 세계적인 호경기에 따라 선박의 수요가 급격히 증가되면서 대형화가 요구되어, 한때는 50만톤급의 초대형선이 출현하게 되었다. 수요증가에 맞추어 대량생산이 요구되었고 이에 따라 조선용접의 자동화 노력이 경주되었으나, 또 구조물의 용접을 용이하게 하기 위한 대형 장치의 고안 설치가 이루어져 왔다.

그러나 oil shock 이후 경제적인 불황이 시작되면서 선박의 수요도 적어지고 그 경향도 소형 및 복잡한 선박으로 바뀌어지면서 용접도 중전의 자동화 경향에서 省人化로의 노력이 경주되어 용접의 능률향상에 주력하게 되었다.

1980년대에 이르러 선박발주가 증가하는 경향도 없지 않으나 유류값의 폭등은 원자재값 뿐만 아니라 전력비 등 선박 건조의 간접비의 인상을 가시오게 되어 建設費를 더욱 上昇시키는 결과가 되었다. 결국 조선공업에서 국제경쟁력을 가지기 위해서는 생산성을 올려야만 한다. 특히 선박 건조에 있어서 인건비 증 용접

이 차지하는 비율이 크기 때문에 용접작업의 능률향상은 조선의 능률향상에 바로 직결되어 있다. 선박 건조에 있어서 작업별 인건비 비율을 보면 선각노무비가 전체의 50% 이상을 차지하고 있으며 용접의 비율은 선각 노무비의 약 40% 이상을 점하고 있는 것이 일반적인 실정이다. 여기에 의장, 배관 등의 용접노무비를 포함하면 그 비율은 더욱 커질 것이다.

그래서 용접의 성인화 노력은 조선에서 생산성을 올릴 수 있는 중요한 분야라 할 수 있겠다.

## 3. 사용 용접재료의 비교와 그 추세

조선에 있어서의 용접의 특성은 첫째, 배 한척에 대해서 용접장이 대단히 길며 또한 용접장의 대부분이 fillet welding joint의 용접으로 되어 있다는 것이다. Table 1에 표시한 선종별 용접장을 보면 배의 용접장을 butt welding joint와 fillet welding joint로 구분하고 있고, 그 비율이 화물선에서는 15:85, 대형선과 특수선의 경우는 9:91이 되어있다. 따라서 일반적인 배의 용접장의 90%는 fillet welding joint라는 사실이다. 이것을 참조할 때 용접의 능률을 올리기 위해서는 fillet welding joint의 용접을 어떻게 省人化하느냐에 있다 하겠다.

여기서 중형급 bulk carrier 20,000톤급의 선박 건조에 적용하고 있는 용접방법을 조사해보면 Table 2와 같다. Fillet welding joint에 적용되고 있는 용접법을 일거러 보면 퍼복아크 용접법에 의한 fillet 용접과 수직 상진용접, gravity 용접, 그리고 CO<sub>2</sub> 반자동 아크 용접, 소형 submerged arc 용접, non-gas 아크 반자동 용접등이 있다. Fillet welding joint의 용접에 있어서 용접법 적용에 따르는 능률을 비교해 볼때 능률적인 순으로 열거하면 submerged arc 용접, gravity 용접, 단산가스 반자동 아크 용접, 수동 하진용접의 순으로 되어 있는 것이 Fig. 1에 나타나 있다.

接受日字 : 1981年 2月 6日, 再接受日字 ; 1981年 3月 14日

\* 正會員, 韓國機械研究所 大德船舶分所

**Table 1.** 선 중 별 용 접 장

선 종	톤수(dwt)	강재중량(ton)	용 접 장(m)		
			butt	fillet	합 계
tanker	88,000	13,200	28,000(8.09%)	318,000(91.9%)	346,000(100%)
tanker	153,000	21,900	48,000(9.89%)	437,000(90.11%)	485,000
자동차운반선	16,000	13,000	38,000(8.11%)	430,000(91.8%)	468,000
container	27,000	11,100	28,000(7.79%)	331,000(92.21%)	359,000
전용선, 산적화물선	63,000	9,700	220,000(7.85%)	258,000(92.1%)	280,000
화물선	20,000	—	40,050(15.2%)	223,800(84.8%)	263,850

**Table 2.** 중형선 건조에 적용되는 각종 용접법

이음의 종류		용 접 법	적 용 장 소	
			Stage	적 용 범 위
Butt welding	내면용접	전자세 수동용접 CO <sub>2</sub> 반자동용접 자동용접(잠호)	지상조립현장	전개소
			지상조립	소부재, 국면을 포함한 전개소
			"	평판(외판, 이중중판), 국외판
	편면용접	수동용접	지상조립현장	내부재
			지상조립	곡면외판, 내부재
		하 향	자동용접 FAB slide shoe식 FCB 또는 RF법	현 장 지상조립 "
Electro gas (slag) 소모 nozzle식 electro, slag Oscillate식 CO <sub>2</sub> 자동용접			현 장 " "	선측외판, 종통 BHD판 내부재, girder engine girder 등 선측외판, BHD 판등
횡 향	각종자동용접	현 장	선측외판	
Fillet welding	수 평	Gravity, 저각도용접 CO <sub>2</sub> 반자동용접 소형 submerged arc용접	지상조립 지상조립현장 "	평판 block 내부재
	입 향	CO <sub>2</sub> 반자동용접 Non-gas 반자동용접 수동하진용접	현 장 " 지상조립현장	Block조립용접

Fig. 2는 butt welding joint용접에 있어서 각종 용접법의 용접능률을 표시한 것이다.

여기서 조선에 적용되고 있는 용접법의 비율을 알아보기 위하여 1977년 일본 전 조선소에서 사용된 용접재료사용비율을 살펴보면 다음과 같다.

자동용 재료	15%
반자동용 재료	6%
수동용 재료	79%

또 최근 용접의 省人化가 이루어진 일본의 어느 조

선소에서의 용접재료 사용비율은 아래 도표와 같다.

여기서 알 수 있는 바와같이 1977년에 비해 반자동용접(탄산가스 아크용접) 재료의 사용이 급격히 증가되고 있다.

우리나라 조선소의 경우 반자동용접의 사용은 아직 초기단계에 있으며 용접재료별 사용현황은 다음과 같다.

자동용 재료	9%
반자동용 재료	1.5%
수동용 재료	89.5%

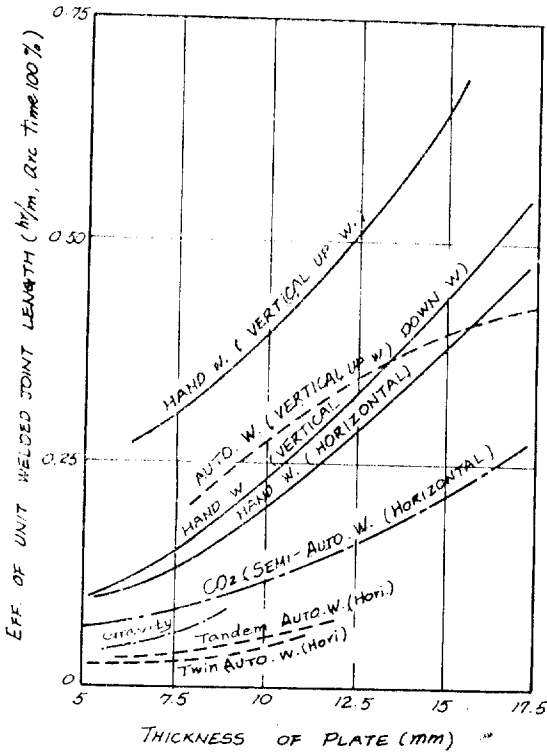


Fig. 1 Welding efficiency of fillet welding joint

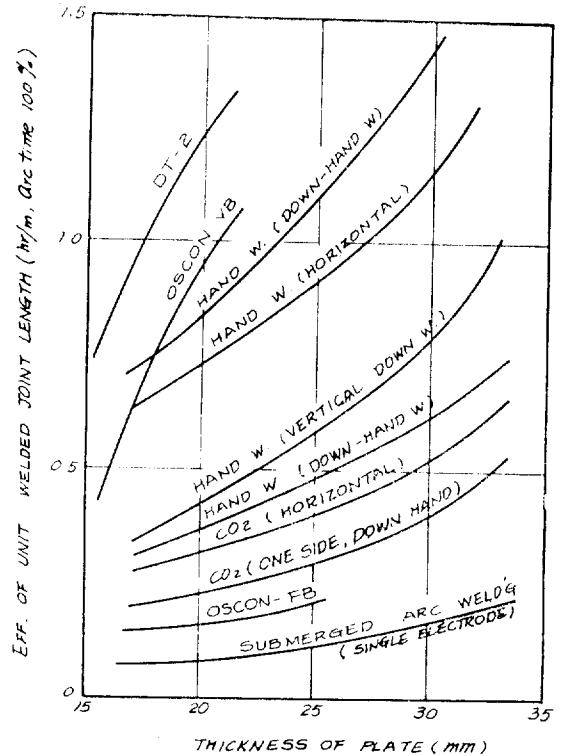
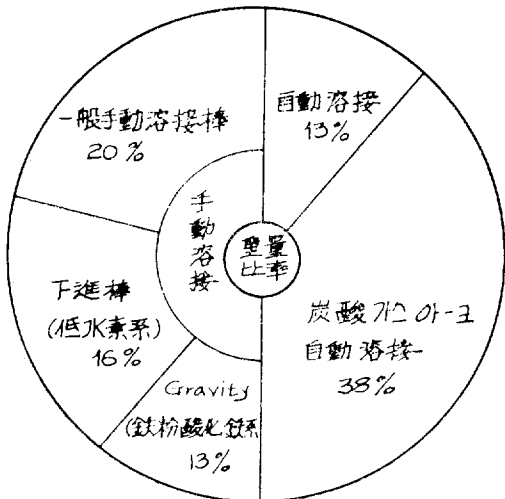


Fig. 2. Welding efficiency of butt welding joint

使用溶接材料 比率  
(外國造船所の例)



이 표에서와 같이 조선용접작업에 있어서 수동용접 용재료의 소비비율이 외국의 50%에 비해 90%를 점유하고 있는 것은 아직 조선의 용접작업이 자동 및 반자동화가 되어있지 않은 것을 의미하며, 이것은 앞으로 능률향상의 여지가 대단히 많다는 것을 의미하고 있다.

또 용접방법으로 보면 자동용접의 경우 butt welding의 joint용접에 있어서는 조립장, 선대에서 block 등의裏面に 박킹을 사용한 one side welding의 적용이 아주 적고, fillet welding joint의 용접에는 專用수평자동용접, 탄산가스아크용접(반자동)등의 사용도 매우 미미하고 수직하진용접봉과 gravity용접봉의 사용이 외국의 10%이상에 비해 사용되고 있는 비율이 낮은 것을 지적할 수 있다.

4. 능률적인용접법과 그 특성

제 3장에서 용접재료의 사용비율을 검토한 바와 같이 능률적인 용접법의 적용확대가 조선에서의 용접에서 시급한 당면 과제이고, 이러한 용접법의 사용확대는

바로 용접의 능률향상의 방안이며, 또한 용접의 성인 화에의 길이기 때문에 여기서 그 용접법과 특성을 살펴 보자.

1) CO<sub>2</sub> 반자동용접법의 특성

CO<sub>2</sub> 용접은 그 용접능률이 대단히 좋으며, flux의 공급이 필요없고, wire의 직경이 1.2에서 2.0mm로 가늘며, 전자세의 용접이 가능하고, 용접기등 장치가 비싸지 않다. 또한汎用性이나 可變性에 있어서도 손용접에 가까운 기능을 가지고 있다는 면에서 용접의 생산성의 향상, 경비절감을 위해서는 가장 좋은 용접법이다.

Fig. 3은 CO<sub>2</sub>반자동 용접과 손용접의 溶着速度를 비교한 것인데 손용접에 비해 1.4에서 2.4배의 고능률이라는 것을 알 수 있다.

Fig. 1 및 2에서 각종 용접법에 의한 능률이 비교되어 있으며, butt joint welding에서는 submerged arc 용접이, fillet welding joint에서는 gravity용접이 가장 능률이 좋은 용접법으로 나타나 있다.

CO<sub>2</sub>용접을 했을 때는 부수적인 효과로 penetration이 커서 이음부 가공작업이 용이하고, 용접속도가 빨라 용접에 의한 변형이 적어 목적작업이 적고, one side welding이 가능해 구조물의 반전이 필요없어 공정이 간단해 진다는 장점이 있다.

2) 수직하진용접법의 특성

종래의 수직자세의 용접이음은 butt welding joint나 fillet welding joint간에 성진법으로 용접을 해오고 있었으나 능률이 좋지 않아 기량적으로도 아주 높은 속련이 요구되었다. 그러나 하진용접봉(저수소계)이 나오면서 작업능률이 아주 좋아졌다. 그 특성을 일거해 보면 용착급속의 기계적 성질이 양호하고 작업

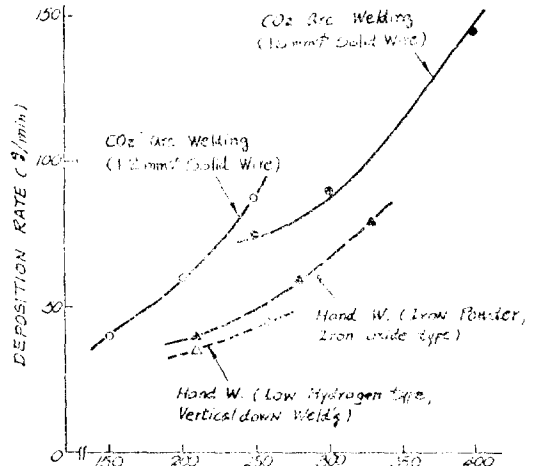


Fig. 3. Relation of welding current and deposition rate in the various welding methods.

성도 좋으며, penetration도 좋고 작업성도 성진법에 비해 좋다. 그리고 높은 전류를 사용할 수 있기 때문에 종래의 용접법에 비해 약 2배의 능률을 얻을 수 있는 것이 가장 큰 장점이다.

Fig. 4는 수직하진용접봉과 다른 용접봉과의 능률을 비교한 것인데 이 그림에서도 수직하진용접봉의 능률은 같은 직경의 용접봉을 사용했을 때 1.6에서 1.8배 더 좋은 것을 알 수 있다.

Fig. 5는 일본에서 하진용접봉의 사용추세를 나타냈는데 그 사용율은 전체용접봉 사용량의 10%이상을 차지하고 있음을 알 수 있다.

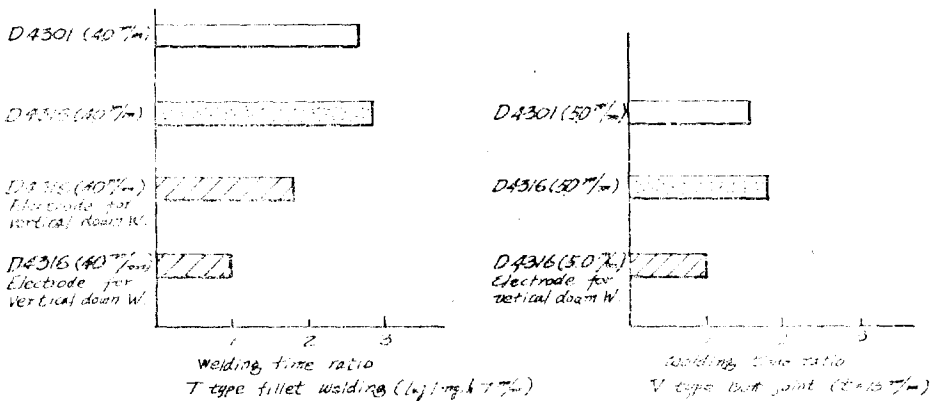


Fig. 4. Comparison of welding efficiency of the vertical down welding electrode (D4316) and the other type coated electrode.

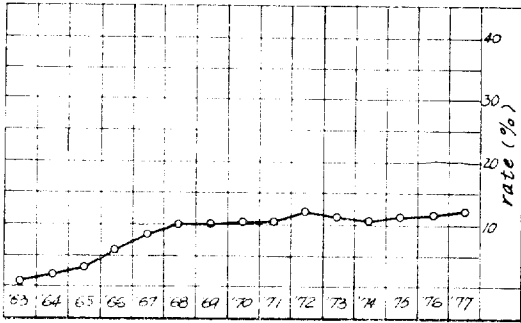


Fig. 5. Transition of vertical down welding electrode consumption (Japan)

3) Gravity 용접법의 특성

Gravity 용접법의 사용율도 하진 용접법의 사용비율과 비슷하게 선박건조에 있어서 전체용접분 사용량의 10% 이상을 차지하고 있다. 이산화철계용접법의 고능률성에 대해서는 재론할 필요도 없겠지만 보통의 경우 한 사람이 3대를 사용하면 수동용접에 비해 약 6배나 능률적이라고 알려져 있다. 그러나 현장작업에 있어서는 공사량, 공사범위, 작업장소 등을 고려하여야 하고, 또 필요이상의 배치는 오히려 비능률적이 되는 경우가 있다.

4) One Side 자동용접법의 확대적용

근간 선박의 소형화 경향으로 선박건조에 있어서 자동용접장이 제한되고 대형선 건조배보다는 자동용접의 적용비율이 적어지는 경향이 있으며, 또 외관의 수직용접등에 electric slug 등 특수용접기의 적용이 오히려 경비를 상승시키는 결과를 가져오는 경우도 있다. 따라서 backing류를 사용한 one side 자동용접법의 적용이 바람직하나 아직까지 외국에 비해 너무나 미미하게 적용되고 있다.

근간 one side 자동용접의 개발, 실용화는 조선업을 중심으로 발달되어 왔으며 backing제를 사용한 one side 자동용접의 개발은 선박용접기술상 많은 진보를 가져왔고, 생산 체제상의 변화도 가져오게 했다.

장점으로서 block의 turn over가 불필요하게 되어 공정의 간소화가 이루어져 생산체제의 변화를 가지

음으로써 능률을 올릴 수 있다. 선박건조에 많이 사용되고 있는 one side 자동용접법으로는 FCB법 (Flux Copper Backing을 사용한 용접), FAB법(특수 backing재 FAB-1을 사용하여 片面裏波 용접이 가능), FBB법(backing 수명이 길다) 등 이다.

CO<sub>2</sub>반자동 용접을 이용한 one side용접도 많이 사용되고 있다. 이와같이 one side 용접의 확대에 대한 노력 또는 연구는 조선에서 중요한 생산기술과제의 하나이기도 하다.

5. 끝 맺음

용접재료의 사용비교에서 나타난 바와 같이 우리나라 조선소에서의 자동용접 재료의 사용율을 현재의 약 9%에서 13%까지 올리기위해 one side 자동용접의 backing제를 개발하여 조립장과 선대에서의 자동용접의 사용을 확대하도록 노력하여야 한다. 현재 약 2%의 반자동용접(CO<sub>2</sub>가스용접)의 사용율을 약 30% 이상으로 확대하는 것이 가장 시급한 당면과제이며 이것이 용접작업의 능률을 올리는 가장 큰 과제가 될 것이다. 그리고 CO<sub>2</sub>가스용접의 wire 개발도 동시에 이루어져야 할 것이다.

저수소계의 수직하진용접분도 약 10%이상까지 사용비율을 올리는 것이 요망된다.

이와 같이 용접재료사용비율면에서 보더라도 능률적인 용접법의 선택에 의한 용접능률향상의 여지가 대단히 많다는 것을 알 수 있다.

능률적인 용접법의 과감한 採用과 適用擴大, 그리고 능률적인 용접재료의 개발이 바로 용접능률향상의 지름길일 것이다.

參 考 文 獻

[1] 溶接技術, 1978年 9月  
 [2] 寺井清, 有川正康, 片面自動溶接, 日刊工業新聞社 發行