

고속 위빙에 의한 CO₂ No Gap 편면 용접법 개발

A development of CO₂ no-gap one-side welding process by high speed weaving method

한종만, 박영현, 이원구*, 홍태민
대우조선해양(주)

1. 서론

조선 블록의 외판 맞대기 용접은 판의 형상과 작업 장소, 반전 설비, 용접 설비등 각 조선소의 처해진 여건에 따라서 양면 용접법과 편면 용접법을 적용한다.

평 블록 외판처럼 반전이 가능한 판은 용접 생산 비용을 최소화할 수 있는 양면 용접법을 선택 할 것이다. 그러나 곡 블록 외판이나 탑재의 대형 블록은 반전이 불가능하기 때문에 국,내외 조선소를 막론하고 편면 용접법을 적용한다. 통상적으로 조선에서 적용되고 있는 편면 용접법은 용접시공 면에서의 각 작업장의 관리수준(조건여유도, 개선정도, root-gap 관리)등을 고려하여 FAB(Flexible Asbestos Backing)법과 혼용 용접(Combined)법을 선택 적용한다.

그러나 현재 적용하고 있는 편면 용접법도 해결 과제들이 있다. FAB법은 대전류 용접법으로서 최고의 용접 능률을 기대할 수 있지만 고기량이 요구되며, 취부정도(root gap)관리와 작업 준비 시간이 요구된다. 또한 혼용 용접법은 작업도 쉽고, 취부 정도와 기량을 요하지 않지만 다층 용접 시공에 따른 용접시간이 과다 소요되는 문제가 있다. 각 조선사들은 이러한 문제들을 해결할 수 있는 대체 용접기법 개발을 고민해 왔으나 지난 20년간 기법의 변화 없이 적용되었다. 그러나 90년대 중반부터 일본 조선사들은 종래의 문제점들을 보완한 대체 기법 개발을 추진하였다. 그 결과 취부방법을 혁신하였고 용접량, 용접 패스 수, 용접시간의 대폭 감소, 저입열 용접에 의한 적용강재 확대, 적용 경사각 증대 등 용접 전,후 작업 공정을 획기적으로 개선한 고성능 CO₂ 편면 용접법을 개발한 것으로 알려졌다. 따라서 본 연구에서는 이에 대응하여 고속 위빙 토치를 이용한 No Gap CO₂ 편면 용접법을 개발하게 되었다.

2. 일본 조선사 개발 현황

일본의 조선사 및 장치 제작사들에 의해 개발된

CO₂ 편면 용접장치의 특성은 다음과 같다.

1) NS-One Side MAG(Nittetsu)

토치를 1~2Hz의 좌,우 저속 위빙 방식으로 선행전극의 사용전류 범위가 530A~550A로 매우 높기 때문에 아크 광과 흠 발생량이 많다.

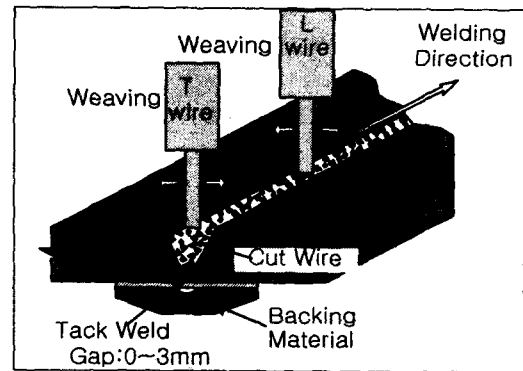


Fig. 1 Schematic of NS-One Side MAG

2) One-Side butt welding robot(NKK)

선행 전극을 4mm 지름으로 고속회전(30Hz~60Hz)시켜 용접하는 방식으로 사용전류 범위가 400A~460A로 균일한 이면 비드를 형성한다. 또한 토치 높이제어, 용접선 추적제어, 개선형상 및 부재 경사각 검출 등을 통한 용접조건 최적 제어한다.

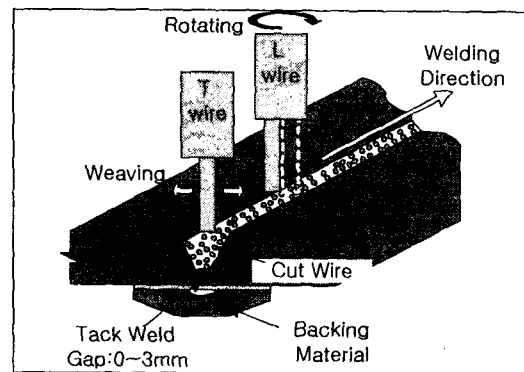


Fig. 2 Schematic of rotating arc welding

3) VT-MAG one side(Kobe)

초층 비드에 발생될 수 있는 고온 균열을 방지하기 위한 방법으로 선형 토치에 2축 위빙법을 적용한 독특한 방식의 장치를 개발하였다. 이 방식은 용접 금속의 응고 형태를 교란시켜서 용접부 중앙에 모이는 저융점 성분(S, P)을 기계적인 방법으로 분산시켜 균열을 방지하는 특성을 갖는 것으로 알려졌다.

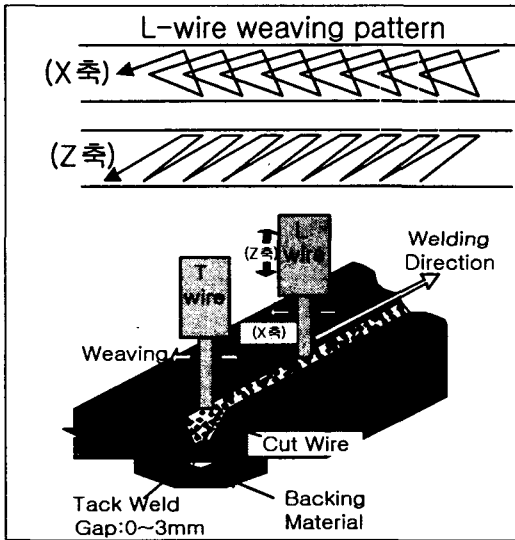


Fig. 3 Schematic of VT-MAG

3. 고속 위빙을 이용한 편면 용접법의 개발

1) No Gap 편면용접의 원리

CO₂ No Gap 편면 용접법의 핵심 기술은 상기 일본의 개발 개념도에서 보여주는 것처럼 아크 위빙이 어떤 형태로든 필요하며, 개선면에 채워주는 충전재(cut-wire)와 와이어의 조합이다. 아크 위빙은 솔리드 와이어의 강한 아크력(arc force)을 넓게 분포시켜서 가접부에서의 안정된 이면 비드를 만들고, 일정한 폭의 미려한 이면 비드 형성과 표면에서의 아크를 안정시킨다. 또한 충전재와 와이어는 협개선에서 발생하기 쉬운 고온균열을 방지할 수 있는 화학적 조성과 대입열 CO₂ 용접에서 용접금속의 강도를 유지한다. 실제 현장에서 0~3mm의 갭 정도 유지는 어렵다. 따라서 이보다 큰 경우 용락(burn through) 발생을 억제시키고 아크 안정과 용착량을 높여주는 역할을 한다.

2) 고속 위빙 용접장치의 개발

일본 조선사들의 개발 방식과 달리 현장 적용성과 장치 핸들링, 작업환경을 고려하여 1전극으로 개발하였다. 장치 특징은 팁 끝단의 와이어를 개선 폭 방향으로 4mm의 위빙 폭으로 최

대 0~200Hz까지 위빙 할 수 있도록 하였고, 용접선 방향으로 0~20mm까지 0~2Hz의 저속 위빙을 하는 2축의 고속 위빙 토치와 개선 폭 방향으로만 4mm 폭으로 위빙 하는 1축의 고속 위빙 토치를 개발하였다.

용접장치는 고속 위빙 토치와 용접 와이어를 탑재한 레일 주행방식의 평판용과, 고속위빙 토치만 탑재한 가이드 레일 주행방식의 곡판용 2종류로 개발하였다. 각 토치 기구부는 장시간 용접시 토치 과열 방지와 가스 노즐의 스패터 부착을 최소화시키기 위해서 수냉 방식으로 하였다. 그림.4는 고속 위빙 토치를 이용한 용접 개념을 나타냈다.

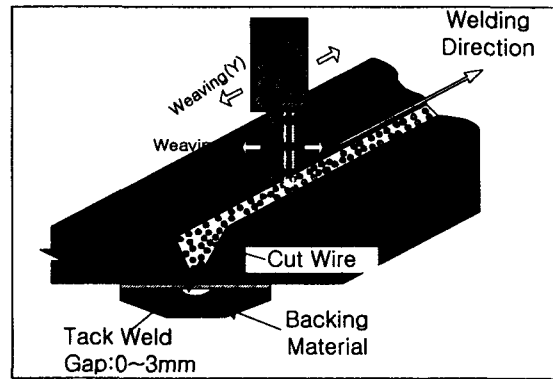


Fig. 4 Schematic of one side welding with high speed weaving torch

4. 용접 실험결과 및 고찰

1) 실험방법

실험에 사용한 강재는 조선용 DH36, EH36을 사용하였으며, 실험에 사용한 충전재(Cut wire)와 솔리드 와이어의 사양을 Table.1에 표시하였다. 와이어의 위빙 폭은 3.5~4.5mm로 하였고 실험의 중점은 초층의 안정된 이면 비드의 형성에 두었다. 특히 가접을 개선면 안에 시공하기 때문에 가법부에서의 이면비드 상태를 관찰하면서 적정 가접 높이를 설정하였다. 또한 실제 현장에서 발생될 수 있는 최대 루트 갭 조건과 부재 경사각(중경사, 횡경사)에 따른 시공기준을 설정하고자 하였다. 표면 용접은 서브머지드 용접과 플럭스 코드 아크 용접으로 시공하였다. 이당재(backing material)는 일반적으로 사용하는 세라믹 이당재를 사용할 수 없어서 본 용접법에 적합한 별도의 세라믹 이당재를 개발 사용하였다.

2) 실험결과 및 고찰

2-1) 적정 용접조건

실험 결과 개선각도 50° 일 때 이면 비드 품질과 아크 안정성, 용입 형상에 의한 용접 균열을 방지할 수 있다. 개선각을 40° 또는 45°로 하면 가접부에서 불규칙한 이면 비드가 나타나며, 18t 이상에서 용접부 중앙에 고온 균열 발생 위험이 높다. 위빙 폭 4.0mm~4.5mm, 위빙속도 약 10Hz~60Hz범위로 하면 가접부에서도 미려한 표면 비드와 이면 비드를 보였다.

그리고 용접 방향으로 위빙 폭 약10mm, 1~2Hz의 저속 위빙을 병행하면 이면비드 형성이 더 쉽고 미려하며 용착량을 높여주었다

충진재 높이는 0~5mm 갭 조건일 경우 5~7mm가 적정하다. 용접 가능한 최대 갭 조건은 8mm 정도며 충진재 높이는 약 10mm였다.

Fig.5는 20t 초층 용접부 표면과 이면 비드 사진이며, Fig.6 두께별 용접 단면과 용접조건을 보여준다.

2-2)부재 경사각도

적용 가능한 부재 경사각 실험 결과 종경사 20°까지는 적용 가능하였다. 이때 토치는 용융 금속의 처짐을 방지하기 위한 방법으로 약 10° 정도의 전진각으로 시공한다. 30°의 경우 심한 볼록 비드가 형성되고 용접조건을 제어하기가 매우 어렵기 때문에 20°로 제한하였다.

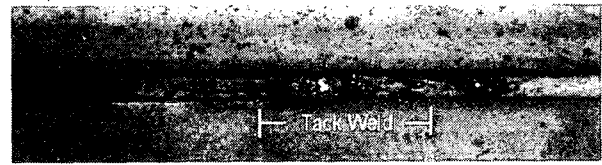
종경사와 달리 횡경사의 경우는 캐리지의 주행만 가능하다면 약 70°까지는 쉽게 적용 가능하다.

5.결론

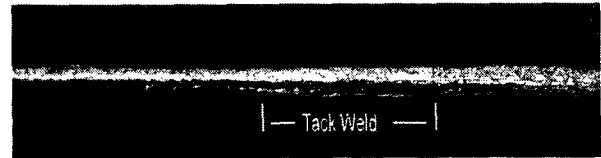
조선에서의 적용중인 편면 용접기법의 단점을 보완한 신 기법의 개발 적용을 목적으로 고속 위빙 토치를 이용한 CO₂ No Gap 편면 용접법을 개발 적용한 결과 문형 피스제거와 개선면 안에 가접함으로서 취부 공정을 크게 간소화시킬 수 있었고, 용접 패스 수를 대폭 줄일 수 있었다. 또한 FAB법보다 저입열 용접 시공이 가능해져 EH 강재까지 적용할 수 있으며 고기량이 요구되지 않기 때문에 향후 국내 조선사의 적용 활성화가 기대된다.

Table.1 Example of wire chemical composition

| Item | AWS class | C | Si | Mn | P | S | Mo |
|--------------------|-----------|-----|-----|------|------|------|-----|
| cut wire (1.0x1.0) | - | .08 | .01 | 1.67 | .012 | .014 | .18 |
| wire (1.6φ) | ER80S-G | .06 | .70 | 1.95 | .005 | .002 | .51 |



a)Surface bead



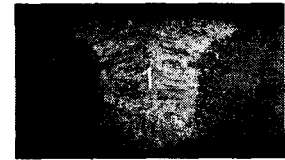
b)Reverse bead

Fig.5 Example of bead appearance(20t, 50°)



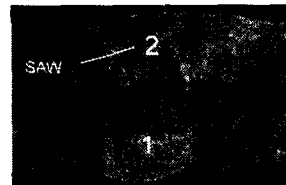
a) 11t

380A-32V-30cpm



b) 15t

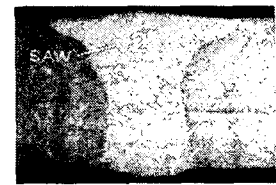
420A-31V-25cpm



c) 20t

1: 450A-35V-23cpm

2: 850A-33V-35cpm



d) 25t

1: 450A-34V-23cpm

2: 900A-33V-33cpm

Fig.6 Typical macro photograph with welding parameter

6.참고 문헌

1. 曲外板片面溶接ロボットの開発と適用

(社)溶接學會,溶接法研究委員會, No.SW.2531.97

2. NS-One-side. MAG Process, CO₂ One-side Welding with Two Electrodes.

Nippon Steel Welding Products & Engineering Co Ltd., May, 1997

3. 大人熱片面マグ溶接法(VT-MAG法)について. 技術がいと, 1999年, 8月, p.1