

SAW 용착 금속의 기계적 성질에 미치는 용접 전류 형태 및 극성의 영향

*
이 원구, 허 만주, 박 상우, 한 용섭
(대우조선공업(주) 기술연구소)

1. 서론

Submerged Arc Welding(SAW)은 용접 시공의 고능률화 추세에 따라 크게 주목되고 있으나, 전류 형태가 용착 금속의 기계적 성질에 크게 영향을 미친다는 것은 잘 알려져 있지 않다. SAW의 전류 특성으로서 교류 용접에서는 Arc Blow(특히 후판 용접시)를 크게 감소시킬 수 있고 용착속도가 크다는 잇점이 있는 반면, 직류 용접(DCRP)의 경우 Bead 형상, Arc 안정성이 우수하며 용입이 깊으므로 고속 용접에 효율적으로 이용될 수 있다. 따라서 실구조물 시공 시 용접 효율 및 품질을 높이기 위해서는 용접부 특성에 따라 전류 형태를 선별적으로 적용할 필요성이 있으나, 아직 이에 대한 연구 결과는 발표되어 있지 않다.

본 연구에서는 SAW시 전류 형태(AC, DC) 및 극성(SP, RP) 변화가 용착금속의 기계적 성질에 미치는 영향을 조사하였고, 용접 입열에 따른 영향도 검토하였다

2. 실험 방법

두께 25.4mm인 선급용 AH36 Grade를 개섵각도 30°, Root Gap 13mm으로 시험편을 준비하여, 용접재료 AWS F7A4 x EL8로써 입열량을 23, 33.43KJ/cm의 3가지로 변화시키면서 용접하였다. 용접 전류 및 극성은 AC, DCSP, DCRP를 사용하였다.

용착금속의 충격 인성 및 천이온도 변화를 알기 위해 Charpy 충격시험을 행하였고, 용착금속 인장 시험으로 인장 강도 및 연신율의 변화를 조사하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 용착금속의 화학 성분

용착금속의 화학 성분 분석 결과 Mn, Si 함량은 용접 입열량이 증가할 수록 약간씩 감소되며, 입열에 관계없이 DCSP, AC, DCRP 순으로 증가되는 것으로 나타났다.

DCRP 용접의 경우 용착속도가 낮아 Pass 수는 증가하고, Bead 퍼짐성이 좋으므로 Flux의 용융량이 많아 지게 된다. 또한, 용입이 깊어 하층 Bead와 희석율이 크게 된다. 따라서 이러한 요인에 의해서 용착 금속의 화학성분(Mn, Si)이 높게 나타난 것으로 생각된다

3.2 기계적 성질

그림 1에는 용접입열별로 전류 및 극성에 따라 용착 금속의 인장강도와 연신율을 보여준다. 용접입열에 따라서는 용접 전류 형태별로 인장강도와 연신율의 차이가 거의 없으나, DCSP의 경우 DCRP 및 AC에 비해 인장강도가 2-5kg/mm² 정도 낮고, 연신율도 약간 높은 값을 보이고 있다. 이것은 DCSP가 AC와 DCRP에 비해 용착금속의 화학성분, 특히 Mn, Si 함량이 상대적으로 적기 때문으로 판단된다/3/.

그림 2에는 입열량 23KJ/cm 에서 전류/극성별로 시험온도 변화에 따른 용착 금속의 Charpy 충격값을 나타내고 있다. AWS Code 기준에 따른 용접 재료 시험 온도인 -29°C에서의 충격 인성은 DCSP가 가장 높으며, AC, DCRP의 순으로 낮아짐을 보여주고 있으며 그 차이도 크게 나타나나, 저온(-60°C 이하)에서는 거의 동일한 수준을 나타내었다. 입열을 33, 43 KJ/cm로 증가시킨 경우의 충격 천이곡선도 그림 3에서 보는 바와 같이 입열량에 관계없이 동일한 경향을 나타내어 DCSP, AC, DCRP 순으로 낮아지며, 입열이 증가됨에 따라 천이온도는 전류 형태에 관계없이 높아진다.

3.3 Weld Metal의 O₂, N₂ 함량

그림 4에는 용접입열 및 전류 형태별로 용착금속내의 산소 및 질소함량을 나타낸다.

용착금속의 O₂ 함량은 용접 입열과는 별관계가 없으나, 전류 형태에 따라 크게 변화한다. DCSP의 경우 약 250ppm 인데 비해, AC가 약 450ppm, DCRP는 약 600ppm으로 크게 증가되어 DCSP보다 각각 1.3, 1.7배의 높은 값을 나타내었다.

용착금속의 O₂는 Flux 구성성분(CaF₂, Al₂O₃, CaO, MnO, TiO₂, SiO₂)들이 용접하는 동안 Slag/Metal 반응에 의해 분해되어 대부분 대기중으로 빠져나가나, 일부는 Weld Metal내에 구상의 개재물로 존재하여 결국 충격치에 악영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

일반적으로 SAW에서는 용착금속내의 O₂ 함량이 250ppm 일때, 충격치가 최고값을 보이고, 그 이상으로 되면 O₂량에 비례하여 낮아진다/1-3/. DCRP의 경우 Mn 함유량이 많아 충격치는 높아야 하나 충격치를 낮추는 Si 함유량이 동시에 증가하므로 이들의 영향은 적은 것으로 생각된다. 따라서 DCRP 용접에서 나타난 낮은 충격인성은 전류 및 극성의 특성에 의한 열효율이나 화학성분(Mn, Si)의 영향이라기 보다는 AC 및 DCSP에 비해 용착금속의 O₂ 함량이 높은 것에 기인된 것으로 판단된다.

용착금속의 N2 함량은 용접 입열이나 전류/극성에 따라 거의 영향을 받지 않으며 35-55 ppm을 나타내고 있다.

4. 결론

SAW 용착금속의 기계적 성질에 미치는 전류 및 극성의 영향을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 용착금속의 충격인성은 전류/극성의 형태에 따라 변화되며, 입열량에 관계없이 DCSP, AC DCRP 순으로 낮게 나타났다.

용접입열이 증가하면 전류 형태에 관계없이 충격인성이 저하한다.

2) 전류/극성별로 충격인성이 변화하는 것은 용착금속내의 산소 함량이 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

5. 참고 문헌

1) "Slag/Metal Interaction, Oxygen and Toughness in SAW".

"T.H.North H.B.Bell", 1978. 3 Welding Journal.

2) Sources of Weld Metal Oxygen Contamination During SAW.

"T.W.Eagar", 1978.3 Welding Journal.

3) Effect of Microstructure on Toughness of Submerged Arc Weld Metal.

"Mutsuo Nakamishi" 1981.1 Journal of the Japan Welding Society.

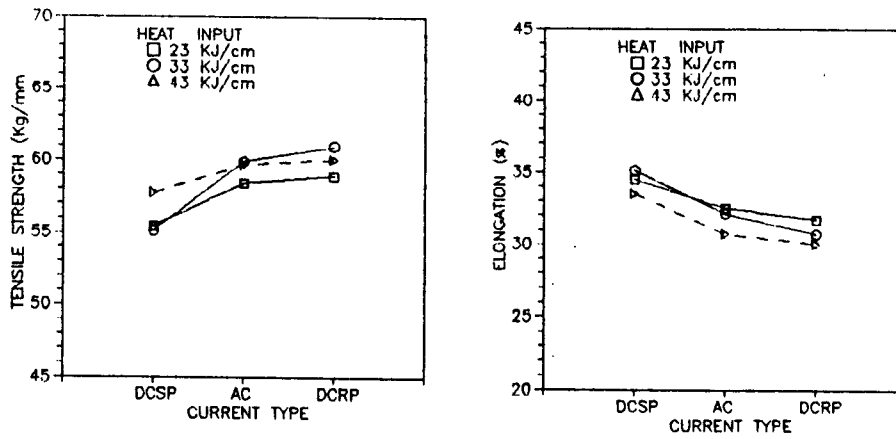


Fig.1 Tensile strength and Elongation of SAW weld metals for different current type and polarity.

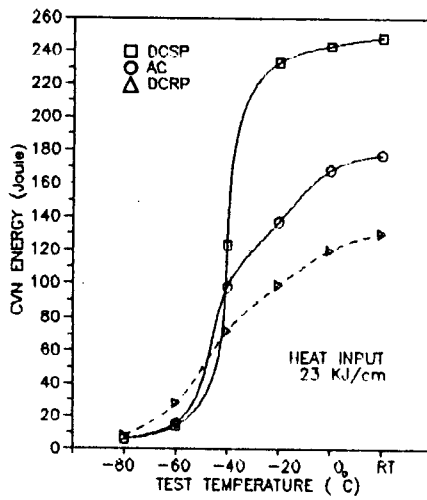


Fig.2 Charpy-V transition curves of SAW deposited weld metals for different current type and polarity at heat input 23KJ/cm.

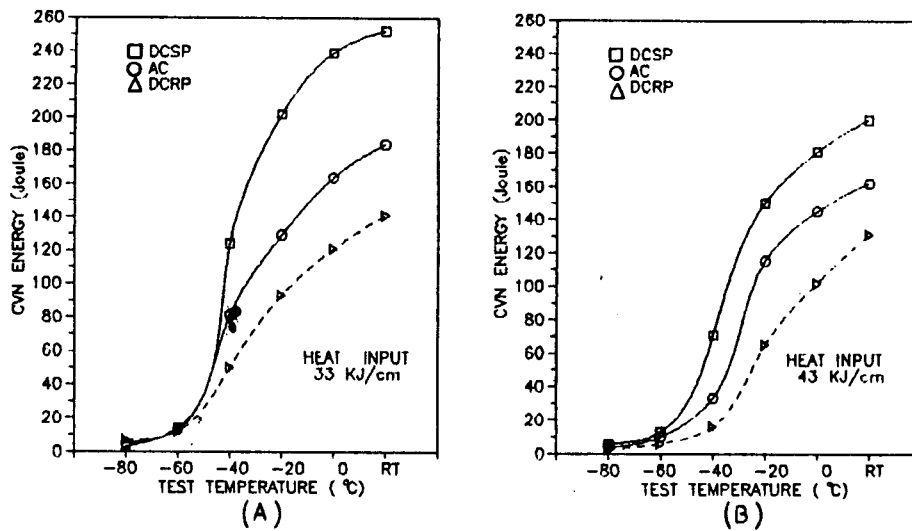


Fig.3 Charpy-V notch Impact test results of SAW weld metal depending on heat input. (A:33KJ/cm,B:43KJ/cm)

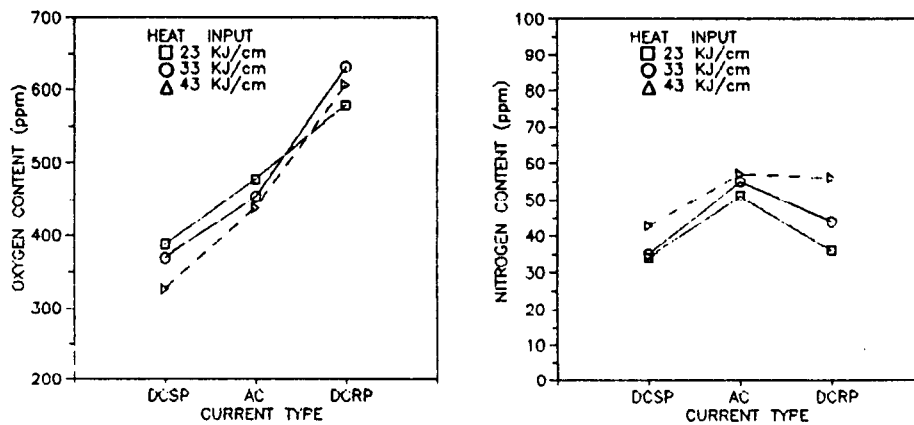


Fig.4 Oxygen and Nitrogen contents of SAW deposited weld metals for different current type and polarity.