

EH36 TMCP강의 50mm 1pass 일렉트로가스 용접부의 조직 및 충격특성  
Microstructures and Impact Properties of 50mm single pass  
Electrogas for EH36 TMCP steels

이해우 신용택 고대은 박정웅 이재원  
삼성중공업 조선.플랜트 연구소 용접연구팀

1. 서론

대입열 용접법은 크게 서브머지드 아크 용접(SAW), 일렉트로 슬래그 용접(ESW) 및 일렉트로 가스용접(EGW)등이 있으나 과도한 용접입열로 인한 용착금속 및 열영향부의 인성저하로 사용에 제한을 받고있다. 용접부 인성에 영향을 미치는 인자로는 모재의 탄소당량( $C_{eq}$ ), 용접재료의 화학조성, 냉각속도 및 초기 오스테나이트(prior austenite) 결정립 크기 등이 있으며 용접 공정 에 따라서 플럭스 코어드 아크용접(FCAW)과 같은 저입열 용접의 경우 Widmanstätten 조직이나 상부베이나이트(upper bainite) 조직이 생성되어 인성저하를 초래한다. 반면 대입열 용접시에는 오스테나이트 결정립이 조대화 될 뿐만아니라 결정립계 페라이트(grain - boundary ferrite) 폭이 커지고 다각화 되면서 인성이 우수한 침상페라이트(acicular ferrite) 분율을 감소시키기 때문에 낮은 인성을 나타낸다고 알려져 있다.

이런 문제점으로 인해 현재 일렉트로가스 용접의 적용 최대 두께는 35mm 이하이지만 적용두께를 증가시키는 방향으로 강재 및 용접재료가 개발되고 있다. 강재의 경우 탄소함유량을 낮추는 대신 초기 결정립 크기를 미세화 시키기 위해 미량 첨가된 Nb, Ti등이 prior austenite grain boundary 등에서 탄화물 및 질화물로 석출되어 인성이 우수한 침상페라이트 생성을 촉진한다고 알려져 있으며 용접재료에 Ni을 첨가함으로써 결정립계 페라이트와 상부베이나이트 생성을 억제하고 침상페라이트를 생성시켜 용접금속의 인성을 향상시킨다고 보고되고 있다.

따라서 본 연구에서는 기존에 사용되고 있는 강재 및 용접재료와 대입열용으로 개발된 강재 및 용접재료에 대해 50mm 1 pass 일렉트로 가스 용접을 실시한 후 미세조직 및 충격특성을 비교 분석함으로써 개발강재의 대입열 용접가능성을 파악하고자 하였다.

2. 시험편/ 용접조건

본 연구에서는 선급용 강재 EH 36 TMCP 고장력강을 사용하였고 기존 사용강재와 대입열용으로 개발된 강재를 구분하여 용접하였으며 시험편 형상은 Fig. 1에 나타내었다.

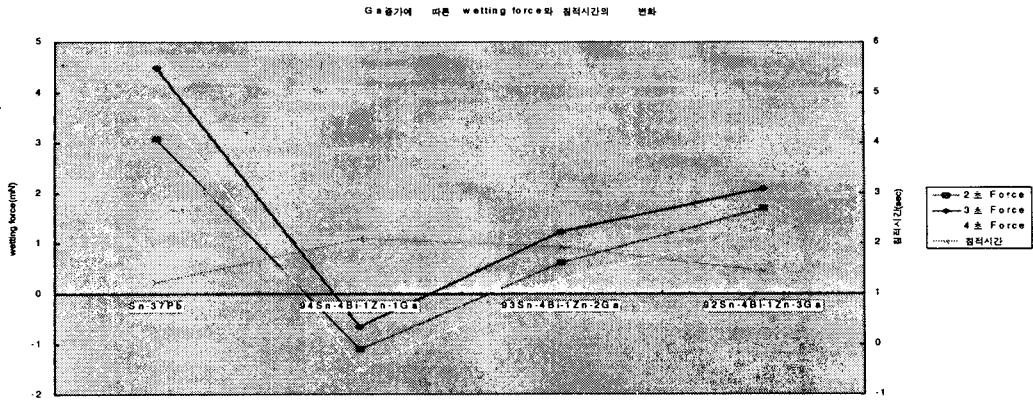


Fig.5 Effect of the content of Ga on the wetting force and wetting time

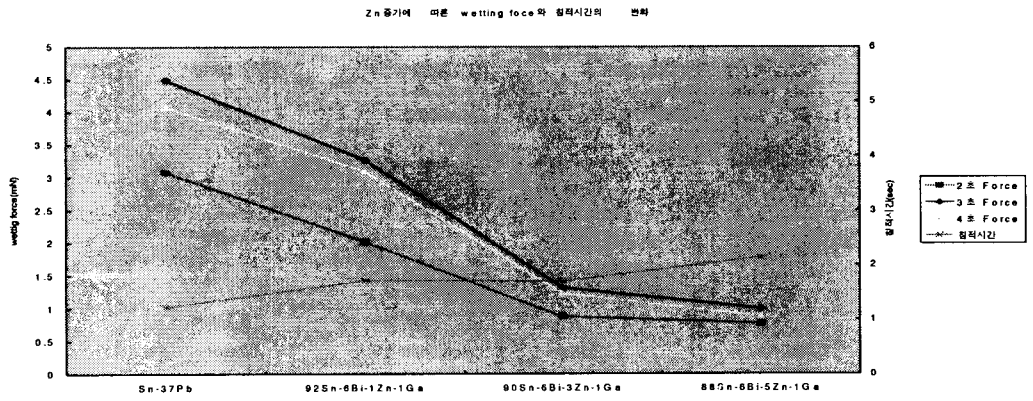


Fig.6 Effect of the content of Zn on the wetting force and wetting time

### 3. 경도

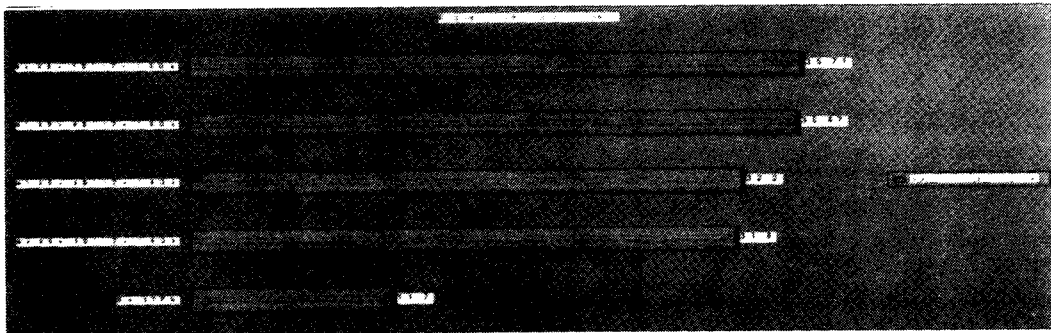


Fig.7 Effect of the content of Bi on the hardness

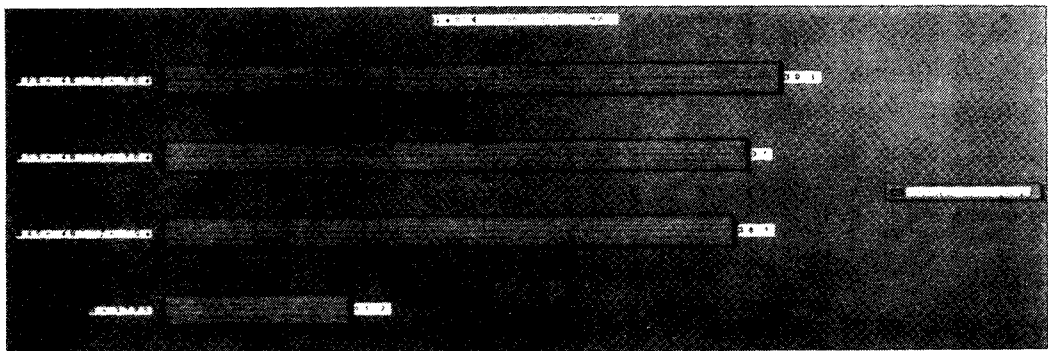


Fig.8 Effect of the content of Ga on the hardness

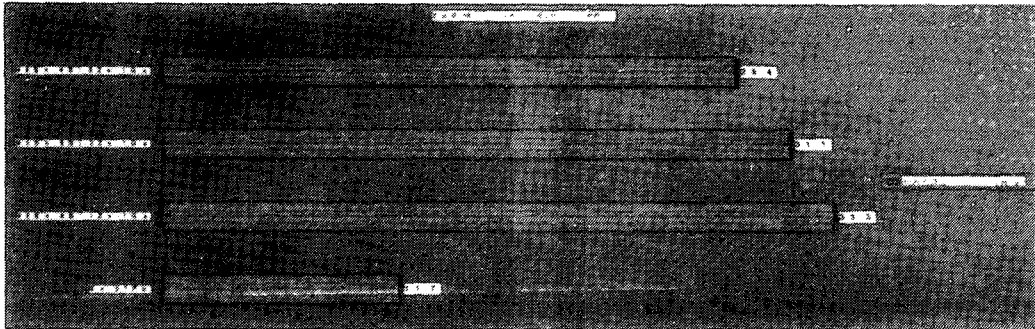


Fig.9 Effect of the content of Zn on the hardness

#### 4. 결론

DSC의 실험 결과로 Bi의 증가로 인해 solidus temperature, liquidus temperature가 동시에 낮아지는 경향을 나타내었고 Ga의 증가로 인해 solidus temperature, liquidus temperature가 동시에 높아지는 경향을 나타내었다. Zn의 증가로 인한 결과는 대체로 solidus temperature, liquidus temperature가 증가함을 볼 수 있었다. 공존 구간이 넓다는 문제는 남아 있지만 사용 가능한 온도로 생각되어진다.

wettability 실험 결과는 Bi, Ga의 증가로 인해 Force는 증가하고 침적시간은 짧아지는 경향을 볼 수 있었고 Zn의 증가로 인해 Force는 감소하고 침적시간은 길어지는 경향이 있음을 알 수 있었다. 92Sn-6Bi-1Zn-1Ga 합금은 Sn-37Pb solder의 wetting force와 침적시간에 가장 근접한 결과를 보여 주었다.

경도 실험 결과는 Bi, Ga의 증가로 경도는 증가하지만 Zn의 증가는 경도를 감소시킴을 알 수 있다. 그러나 모든 합금이 Sn-37Pb solder보다는 brittle한 경향을 나타냈다.

#### 5. 참고 문헌

1. Tadashi Takemoto , Ryuji Ninomiya , Masahiro Takahashi , Akira Matsunawa :  
Mechanical Properties and Estimation of Thermal Fatigue Properties of Lead-Free Solders . Advances in Electronic Packaging . vol 19-2. 1997
2. Ryuji Ninomiya , Koichi Miyake , Junichi Matsunaga :  
Microstructure and Mechanical Properties of New Lead-Free Solder.  
Advances In Electronic Packaging . vol 19-2. 1997
3. H. K. Kim , H. K. Liou , K. N. Tu :  
Morphology of Instability of The Wetting Tips of Eutectic SnBi, Eutectic SnPb, and Pure Sn on Cu . Materials Research Society . vol. 10, No.3 . Mar . 1995
4. Seung Wook Yoon , Jeong Ryong Soh , Hyunk Mo Lee , Byeong Joo Lee :  
Thermodynamics-Aided Alloy Design And Evaluation of Pb-Free Solder.  
Sn-Bi-In-Zn System . Acta Metallurgica Inc. vol 45, No.3 pp.951~960. 1997

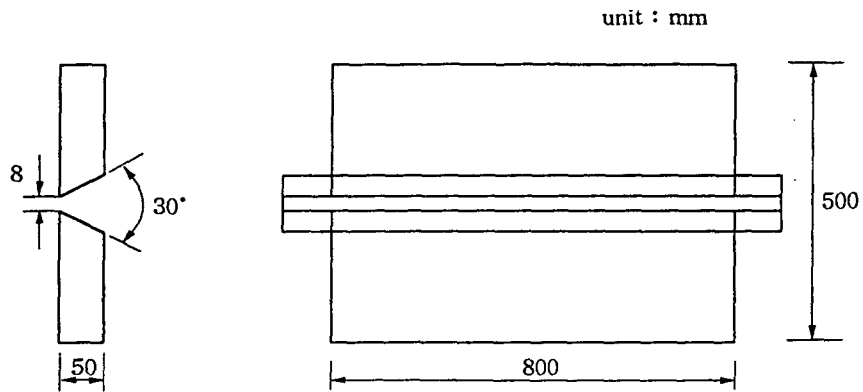


Fig. 1 Schematic drawings of welding joint

3. 실험결과

Fig. 2는  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서의 용접부 흡수 에너지를 나타내고 있다.

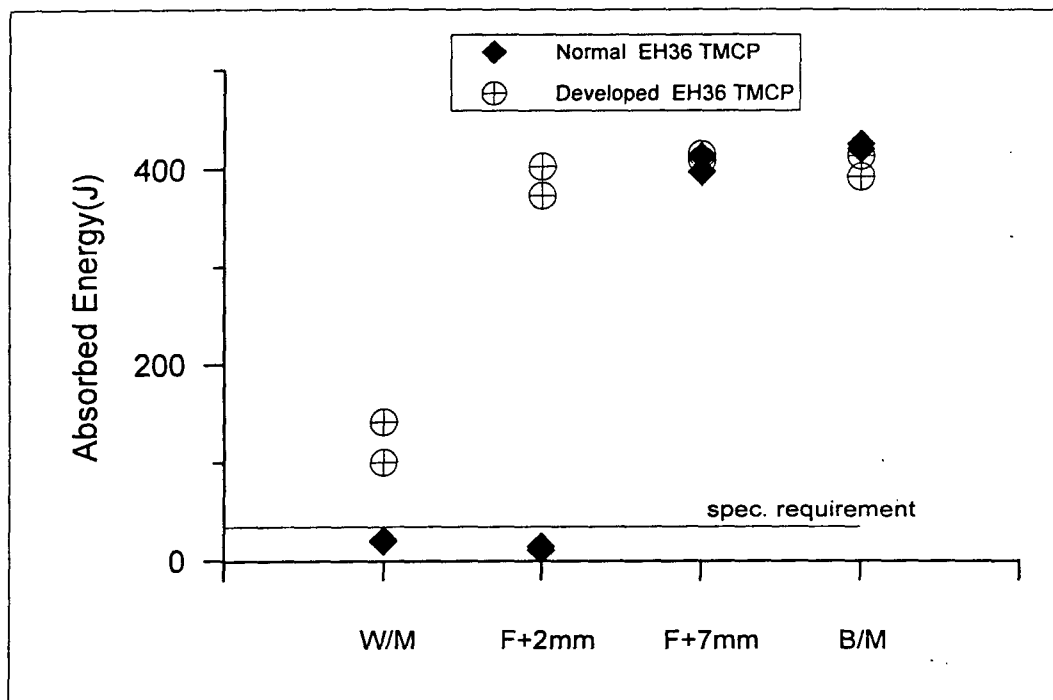


Fig. 2 Results of charpy v-notch impact test at  $-20^{\circ}\text{C}$

#### 4. 결론

선급용 강재 EH36 TMCP 50mm를 일렉트로가스 용접후 합금원소 변화에 따른 미세조직, 경도특성 및 충격특성을 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 대입열용으로 개발된 강재의 열영향부 미세조직이 기존사용 강재보다 결정립 조대화 영역이 좁게 형성되었으며 용착금속의 미세조직 또한 결정립계 페라이트량은 감소한 반면 인성이 우수한 침상페라이트 분율이 증가하였다.
- 2) 경도측정 결과 열영향부 부분변태 영역에서 개발강재가 기존강재에 비해 Hv 10정도 연화현상이 나타났다.
- 3) 충격특성 고찰결과 기존사용 강재의 경우 용착금속 및 Fusion line+2mm에서 선급요구치 34J를 만족하지 못한 반면 대입열용 개발 강재는 선급요구치를 만족하였으며 특히 Fusion line+2mm에서 우수한 충격특성을 보임으로써 대입열 용접 가능성을 확인하였다.

#### 5. 참고 문헌

- 1) 이해우, 강성원외, 일렉트로 가스 용접부의 조직 및 인성에 관한연구, 대한용접학회지, 제 14권 1호, (1996), pp.68~74.
- 2) C.B Dallam, S.Liu and D. L Olson, Flux Composition Dependence of Microstructure and Toughness of Submerged arc HSLA Weldments, Welding Journal, Vol. 64, No. 5, (1985) pp.140~151.
- 3) E. Levine and D. C. Hill, Toughness in HSLA Steel Weldments, Metallurgical Transactions, (1977), pp.360.
- 4) 佐藤邦彦 : 溶接 構造 要覽, (1983), pp.37~40.