

인버터 아크용접기의 고성능제어에 관한 연구

김 규 식*, 정 해 천**

* 서울시립대학교 제어계측공학과, ** 대우중공업(주) 중앙연구소

A Study on the High Dynamic Performance of the Inverter Arc Welder

Gyu-Sik Kim*, Hae-Chun Jung**

* Dept. of Contr. & Instru. Eng. Seoul City Univ.

** Central R & D Institute, Daewoo Heavy Industries Ltd.

Abstract - Along with the rapid growth in microelectronics and power electronics technologies, various advanced control methods have been successfully implemented in real time and shown to be useful in controlling CO₂ arc welding systems with high dynamic performance. In this paper, the slope of welding currents is controlled not to be so high in the case of short circuit welding mode. This results in less spatter. In addition, the data-base is constructed for the optimal welding conditions.

자는 차폐 가스(shield gas)로 탄산가스나 혹은 탄산가스를 포함한 혼합가스를 흘려 보내 용접부를 대기로부터 차단시켜 기공(blow hole)이 발생하지 않도록 하면서 용가재로는 특수 성분이 포함된 와이어를 사용하는 용접법이다. 차폐 가스는 아크의 전기적·열적 특성, 비드 형상, 용융 금속의 야금학적 성질 등에 크게 작용하는데 이 차폐 가스의 종류에 따라서 CO₂, MAG, MIG 등으로 분류하기도 한다. CO₂ 를 차폐 가스로 사용할 경우에 탄산가스는 아크열에 의해 열해리(熱解離)되어 다음과 같이 된다.

1. 서론

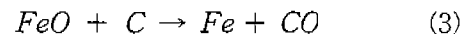
용접의 유래로는 1885년 베너어도스(N. V. Bernedos)가 탄소 전극과 모제사이에 아크를 발생시켜 그 열로써 별도의 용가봉을 녹여 용접을 행하는 탄소 아크 용접(carbon arc welding)을 발명하였고, 1889년에는 러시아의 슬라비아노프(Slavianoff)가 용가봉(비 피복)을 전극으로 하는 금속 아크 용접(metal arc welding)을 발명하였다. 아크 용접은 크게 두 가지로 분류할 수 있는데 하나는 피복 아크 용접이며 또 하나는 GMA(Gas Metal Arc)용접이다. 전자는 용접봉을 홀더(holder)에 끼우고 모재(base metal)에 가까이 하여 직류 또는 교류 전류를 통하면 강한 아크와 고열을 내면서 용접봉과 모재가 서로 용융, 융합하여 접합되는 아주 기민성이 좋은 용접법이다. 후



한편, 강한 산화성을 나타내게 되어 금속의 주위를 산성으로 만들기 때문에 용융 금속에 탈산제가 없으면 철은 산화되어

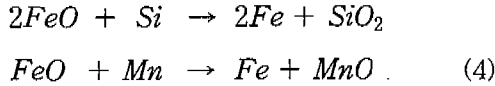


가 된다. 이 산화철이 용융강에 함유된 탄소와 결합하여 일산화탄소가 발생한다.



이 반응은 용고점 가까이에서 심하게 일어나기 때

문에 빠져나가려던 CO 가스가 미처 빠져나가지 못하기 때문에 용착 금속에는 산화된 기포가 많이 된다. 따라서 이것을 없애는 방법으로 와이어에 적당한 탈산제인 망간(Mn), 규소(Si)를 첨가하면 다음과 같이 된다.



이 반응에서 생기는 망간이나 규소의 산화물은 강(鋼)보다 용융 온도가 낮기 때문에 강이 응고되기 전에 전부 강의 표면에 액상(液狀) 그대로 떠올라

슬래그(slag)로 되어 응고된다. 따라서 일산화탄소의 생성이 저지되고, 기공 발생이 적고, 용융 슬래그로 된 불순물을 강속으로 들어가지 않고 떠오르게 하므로 용착 금속이 깨끗하여 우수한 용접이 된다. 이와 같은 CO₂/MAG 인버터용접기의 성능을 향상시키고자 많은 연구가 있었는데 [1~9] 본 연구에서도 이를 위해 파형 제어를 실현하고 최적 용접을 위한 용접조건 데이터베이스를 구축한다.

2. CO₂/MAG 아아크 인버터용접기의 구성

500A급 CO₂/MAG 아아크 인버터용접기의 구성은 그림 1과 같다.

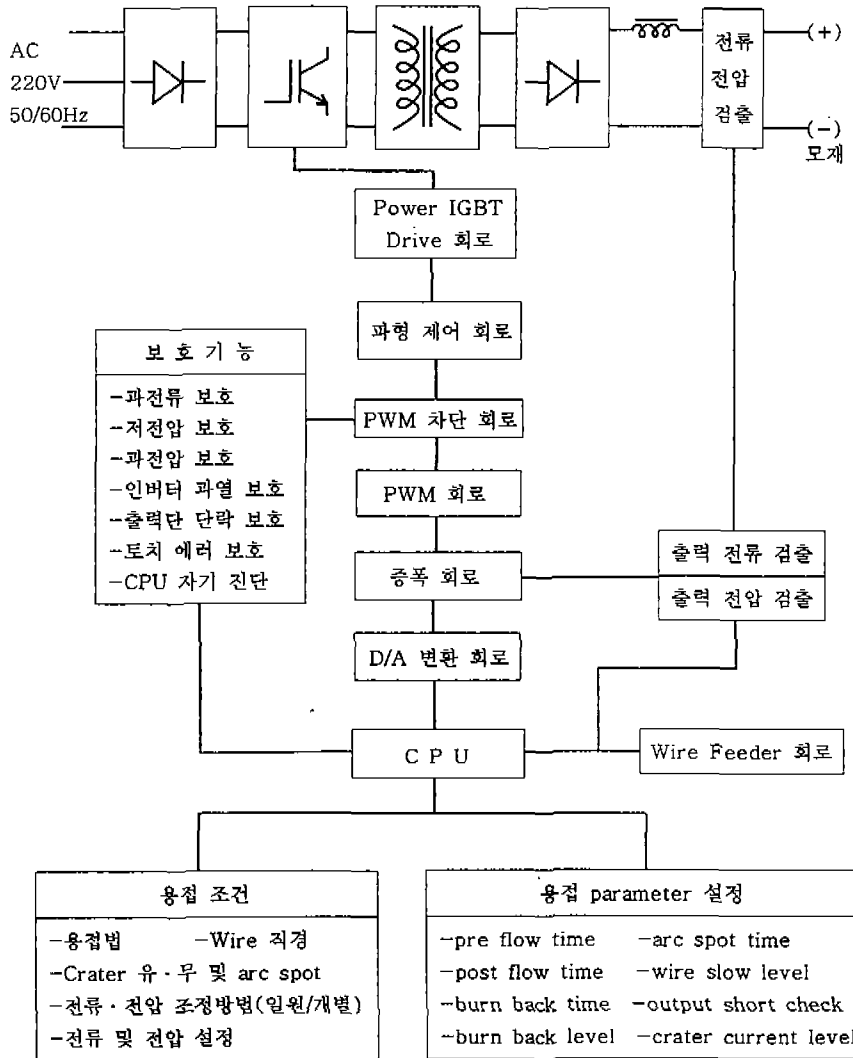


그림 1. 시스템 블록선도

전원 및 인버터부에서는 3상 입력을 정류하고 평활하여 DC전원을 생성한 후 Power Tr. 의 Switching 에 의해서 pulse 형 AC 로 바뀐다. 이는 Main Transformer를 통하여 전력변환되고 Transformer 의 2차측 Diode 를 통하여 정류되고 Reactor를 거쳐 평활되어 Reactor를 통과한 DC 전력이 용접봉과 모재 사이의 아아크발생원 (용적 이행의 Energy Source)이 된다.

Wire 송급 속도 제어기는 출력단에서 일정한 Arc 의 유지와 안정된 용적이행을 보장하기 위해서 용접전류에 알맞는 feeding rate 로 wire 를 공급해 주기 위한 회로이며 Analog 제어부는 용접 전류 검출, 용접 전압 검출, PWM 발생회로, 파형 제어 회로 등으로 구성된다.

위에 열거한 여러 회로들이 함께 동작하여 용접전류가 정해진 일정한 값 이하가 되면 자동적으로 인버터의 pulse 폭을 넓혀 용접 전류가 정해진 값 이하가 되지 않도록 전자중첩제어를 수행한다.

과전압 보호회로와 저전압 보호회로에서는 입력전원의 변동이 적정 동작영역을 벗어나서 입력되면 즉시 PWM 출력을 차단하고 CPU를 shut-down시키고 Error Lamp를 점등시킨다. 과열 보호 회로에서는 Power Tr. 이 ON, OFF를 반복하여 junction에서 발생하는 온도가 일정 온도를 넘어서면 즉시 PWM출력을 차단한다. 과전류 보호 회로는 Power Tr.에 흐르는 전류가 Tr.의 용량을 넘어서서 소자를 파손시키는 것을 방지하는 회로이다. CPU 이상 회로에서는 CPU의 자기진단시 이상 발견이나 외부 feedback 량이 일정치를 넘어섰을 때 CPU를 shut-down 시킨다. CPU 및 Interface부는 외부에 연결된 각종 스위치의 입력을 받아들여 wire feeding 속도를 결정하고 단락시에 전류의 상승률을 결정하여 D/A Converter 로 내보내며 각종 용접기능의 수행을 판장한다.

3. 용접전압 및 전류의 제어

용접전압의 제어는 PWM 에 의한 정전압 제어를 행하며 고성능 제어를 위해 다음과 같은 몇가지 기능을 수행한다. (그림 2 참조)

- 1) Hot 전압: 용접전압 설정치에 관계없이 아크가 발생할 때까지 최대 전압을 출력하여 아크 스타트율을 향상시킨다.
- 2) 전자중첩제어: 단락 이행의 용접시 아크 기간 동안 용접 전류가 0까지 하강하여 아크가 끊기는

것을 방지하여, 저전류 영역에서의 아크 안정성을 높인다. 그림 3에 전자중첩제어에 의한 용접전류의 실험결과가 있다.

3) Burn Back 제어 : 아크 스타트 향상을 위하여 용접 종료시 Wire 끝에 생기는 용적 Size를 제어한다.

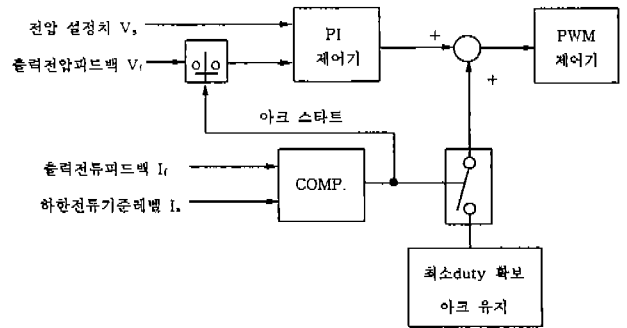


그림 2. 아아크기간중의 제어블록선도

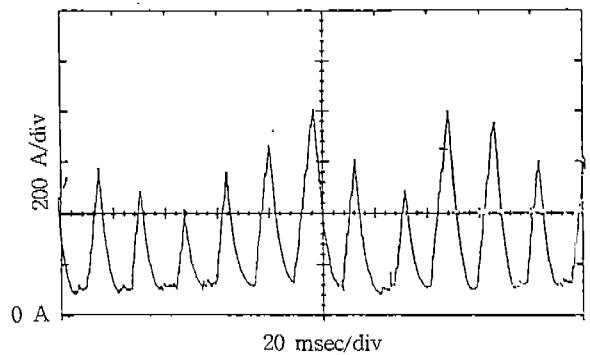


그림3. 전자중첩제어에 의한 용접전류의 실험결과

한편, 단락기간동안 용접전류는 고성능을 위해 다음과 같은 기능을 갖고 있다.

- 1) 단락 판정 : 출력단의 전압이 단락 판정 전압 이하가 되면 전압제어 mode에서 전류제어 mode로 바뀐다. 단락 판정 전압은 용접전압 설정치에 따라 다르고 이 값은 data로 저장되어 있다.
- 2) 파형 제어 : 출력단이 단락되었을 때 전류 피드백이 파형 제어 기준 파형보다 크면 PWM 출력을 차단함으로써 용접 전류의 상승율이 기준 파형을 추종하도록 조절하여 스패터의 발생을 줄인다. panel에 부착된 volume을 조정하여 전류의 기울기는 저장된 data에 의하여 10 단계까지 가변된다. 파형 제어 기울기의 주요 3단계 기준은 다음과 같고 이에 대한 실험결과는 그림 4에 있다. 파형제어 “약”은 제어기능을 약하게 함으로써 용접전류

의 급상승을 유도한다.

약 : 600A / 8msec

표준 : 600A / 15msec

강 : 600A / 20msec

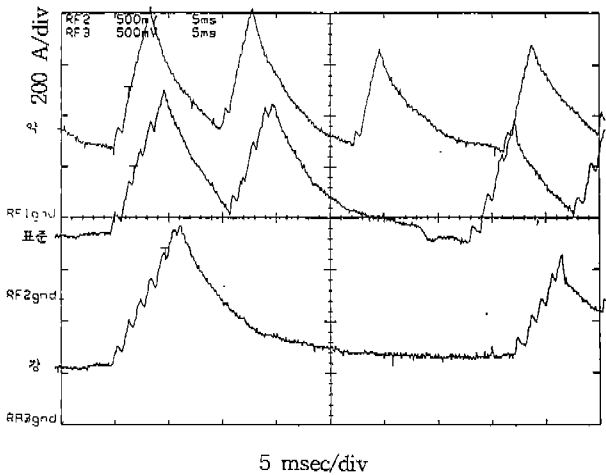


그림4. 파형제어 기술기에 따른 용접전류실험결과

3) 동기화 회로 : 파형 제어시 PWM 출력의 시작과 차단이 항상 교대로 일어나도록 함으로써 주변 압기의 편자화에 의하여 생길 수 있는 소자의 파손을 방지한다.

4. 용접조건 데이터베이스화

용접시 사용하는 와이어의 직경 및 가스에 따라 동일한 용접조건에서도 상이한 용접결과가 얻어진다. 따라서 실험을 통해 최상의 용접성능이 발휘되는 용접조건 (용접전류 대 용접전압)을 구해 데이터베이스화하는 과정이 필요하다. 그림 5 - 그림 8 은 본 연구에서 개발한 500A 급 인버터 아아크 용접기에 내장된 용접조건 데이터베이스를 와이어직경 및 가스에 따라 도시한 것이다.

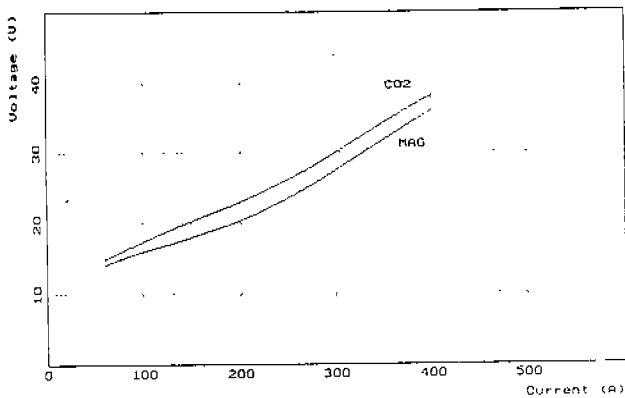


그림 5. 1.2φ 와이어 사용할 때 용접조건

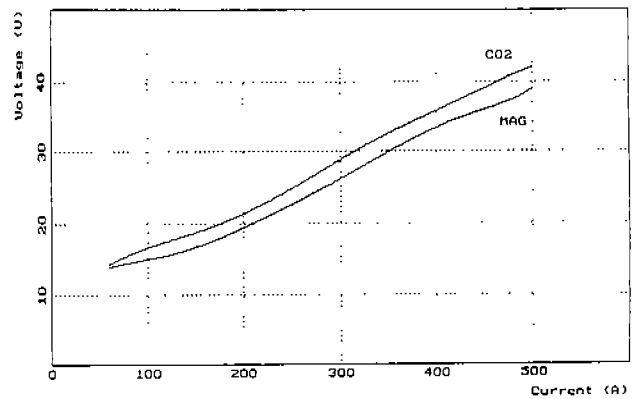


그림 6. 1.4φ 와이어 사용할 때 용접조건

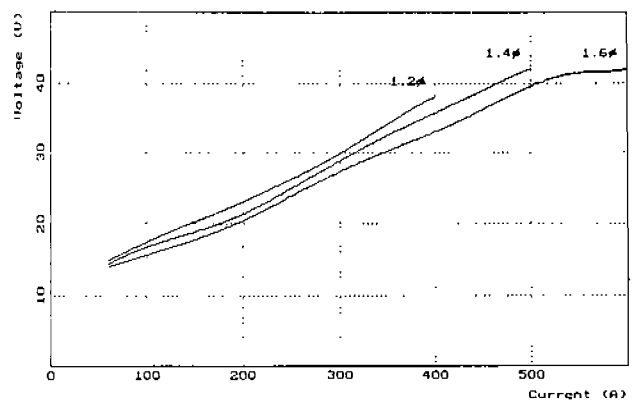


그림 7. CO₂ 가스 사용할 때 용접조건

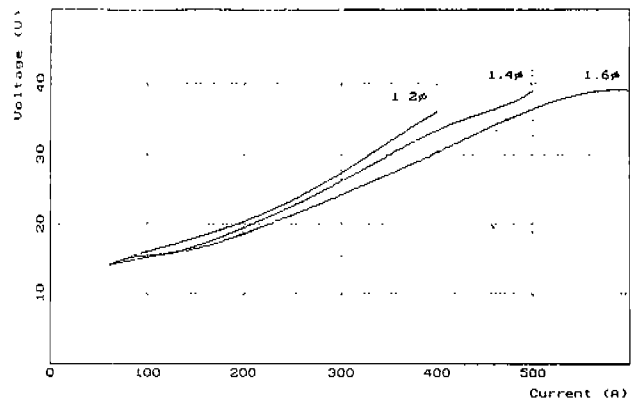


그림 8. MAG 가스 사용할 때 용접조건

5. 결론

본 연구에서는 500A 급 인버터 아아크용접기를 개발함에 있어 고성능제어를 위해 HOT 전압기능, 전자증첩제어기능, Burn Back 제어기능, 파형제어기능 그리고 최적용접을 위한 용접조건 데이터베이스를 구축하였다. 향후 용접전류/전압의 비간섭제어등에 대한 연구도 행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] G. E. Cook, "Modeling of electric welding arcs for adaptive feedback control," *IEEE IAS'83 Conf. Rec.*, pp.1241-1244, 1983
- [2] R. W. Richardson, D. A. Anderson, and D. F. Farson, "Coaxial arc weld pool viewing for process monitoring and control," *Welding Journal*, Vol.63, No.3, pp.43-50, 1984
- [3] G. E. Cook and Hussam El-Dean E. H. Eassa, "The effect of high-frequency pulsing of a welding arc," *IEEE Trans. on Industry Applications*, Vol. IA-21, No.5, pp.1294-1299, Sept./Oct., 1985
- [4] W. Lucas, "Microcomputer systems, software and expert systems for welding engineering," *Welding Journal*, pp.19-30, April, 1987
- [5] D. E. Henderson, P. V. Kokotovic, J. L. Schiano, and D. S. Rhode, "Adaptive control of an arc welding process," *IEEE Control Systems*, pp. 49-53, Feb., 1993
- [6] Hirokazu Nomura, *Sensors and control systems in arc welding*, Chapman & Hall, London, 1994
- [7] 강윤기, 이춘호, 채영민, 목형수, 최규하, "에너지 절감형 고주파 인버터 용접기에 관한 연구," 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 519 - 521, 1994
- [8] 윤병도, 정재륜, 김찬기, 이병승, "발전소용 인버터에 의한 절전형 아크용접기에 관한 연구," 조명전기설비학회지, pp. 85 - 93, 1994
- [9] 조규민, 유완식, 김영석, "직류아크 용접기용 정류기의 역률 및 효율향상에 관한 연구", 대한전기학회논문지, 44권 12호, pp.1585~1591, 1995.