

## 디지털 Thyristor GMA 용접 시스템 개발

A development of digital Thyristor GMA welding system

박형진\*, 최병구\*\*, 강문진\*\*, 이세현\*\*\*, 이철구\*\*\*\*

\* 한양대학교 대학원 정밀기계공학과

\*\* 한국생산기술연구원 정밀접합용접팀

\*\*\* 한양대학교 공과대학 기계공학부

\*\*\*\* 서울산업대학교 기계공학과

**ABSTRACT** This paper shows the development of Digital Thyristor GMA Welding machine system. This system using 8 bit microprocessor. The system has the digital welding process and also constant voltage using fuzzy controller.

### 1. 서 론

용접기의 성능은 용접 능력과 품질에 영향을 미치는 요인들 중 가장 중요한 요소이다. 이러한 점에서 용접기의 디지털화와 제어 성능의 향상이 절실히 필요하다.

본 논문에서는 용접기 제어 성능 향상을 위해 8bit 마이크로프로세서를 이용하여 용접공정의 디지털화와 지능형 정전압 제어기를 구현하여 디지털 thyristor GMA 용접 시스템을 개발하였다.

### 2. 디지털 GMA 용접기의 설계

디지털 GMA 용접기는 용접기 본체(용접전원장치)와 와이어 송급장치 및 리모트 컨트롤러로 구성되어 있다.

본 연구에서는 용접기 본체와 리모트 컨트롤러에 각각 Atmel사의 8bit 원칩 마이크로프로세서인 ATmega128를 기반으로 디지털 GMA 용접기를 설계 제작하였다<sup>1)</sup>.

#### 2.1 용접공정의 디지털화

본 연구에서 Fig. 1에서와 같이 용접 전압과 전류만을 설정할 수 있는 종래의 용접기와는 달리 용접공정상에 필요한 gas preflow time, 초기전류 및 전압, Anti-stick 전압 및 시간, gas after-flow time등을 본체의 조작 패널에서 작

업자가 직접 digital encoder를 조정하여 공정 변수의 값을 바꿀 수 있는 메뉴 방식 인터페이스(menu-driven interface)형 패널을 설계 제작하였다.



Fig. 1 Main operating panel

각 공정변수의 분해능은 시간 0.1 sec, 전압 0.1 V, 전류 1 A 단위로 되어있어 정밀한 용접 공정 제어가 가능하다. 그밖에 초기전류 유/무, Crater 유/무, 일원/개별, GMAW/수용접 등의 선택들도 메인 CPU에 I/O port의 입력으로 디지털 처리하였다.

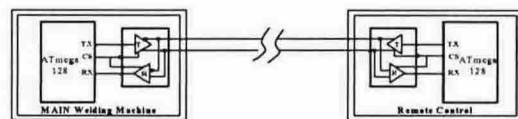


Fig. 2 Schematic diagram of RS485 communication

리모트 컨트롤러는 기존 아날로그 방식에서 나타나는 거리 제한 문제를 해결하기 위해 Fig. 2와 같이 디지털 리모트 컨트롤러를 개발하였다.

디지털 리모트 콘트롤러 내에 있는 8bit 원칩 마이크로프로세서에서 볼륨 설정값을 A/D 변환하여 용접기 본체에 있는 마이크로프로세서와 RS485 통신을 이용하여 최대 1.2km 에서도 작동이 가능하게 되었다.

와이어 송급장치는 H 브리지 형의 모터 드라이버를 제작하여 PWM 신호로 와이어 송급 모터를 제어 하였다.

2.2 용접 전원장치의 디지털화

일반적인 시스템의 전원장치는 제어하고자 하는 전원의 출력이 고정된 경우가 많다. 그러나 용접의 경우 대상으로 하는 소재의 재질과, 두께, 용접하고자 하는 용융량 등에 따라 전류와 전압이 적절하게 설정되어야 하고, 적절한 전원장치의 출력이 용접 품질을 결정하게 된다.

본 논문에서는 용접 전원장치의 안정된 출력을 위해서 출력 전압이 설정 전압과 일치하도록 설정전압과 출력전압 사이의 오차량을 항상 보정하는 지능형 퍼지 제어를 설계하였다.

2.2.1 주 전력 회로부의 설계

일반적인 Thyristor 시스템은 단상 또는 3상 교류전원을 입력받아 정류기에 의해 정류하고 DC 전원은 SCR에 의해 스위칭 되어 평활용 리액터를 거치면서 ripple이 거의 없는 완벽한 DC 전압이 용접부에 공급된다.

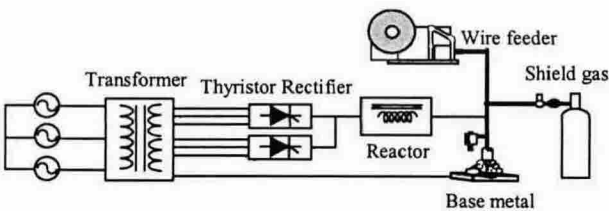


Fig. 3 Schematic diagram of thyristor welding machine

GMA 용접에서는 와이어 끝단에서 용융이 주기적 또는 불규칙적으로 발생하여 부하가 순시적으로 변동되는 경향을 가지고 있다. 이러한 GMA 용접의 특성 때문에 안정된 용접품질을 유지시키기 위한 제어기의 설계가 필요하다.

용접이 주기적인 short circuit 상태로 이행하는 경우에는 용접 전압의 변동이 수십 Voltage, 용접전류는 몇백 Ampere의 진폭으로 변동되기도 한다. 이렇게 순시적으로 변동하는 용접 전압 및 전류를 feedback 받아 용접기 본체의 마이크

로프로세서에서 제어하게 되면 계속되는 순시적 변동에 의해 시스템은 큰 변동을 일으키게 되고 용접품질은 저하되게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 feedback 받는 용접전압 및 전류치는 안정된 평균값을 취해야만 한다. 본 연구에서는 안정된 용접 전압과 전류의 평균값을 제공하는 필터회로를 구성하였다.

Fig. 4과 같이 용접 전압을 센싱하기 위해 Isolation amp를 사용하여 용접 출력단과 절연한 후, RC filter 회로를 거쳐 RMS 변환기를 통해 마이크로프로세서에 내장되어 있는 10bit A/D 변환기를 통해 입력받았다<sup>2)</sup>. 용접 전류는 Hall sensor를 사용하여 기본적으로 용접출력단과 절연이 되어 있으며, RMS 변환기를 거쳐 마이크로 프로세서의 A/D변환기에 입력받았다.

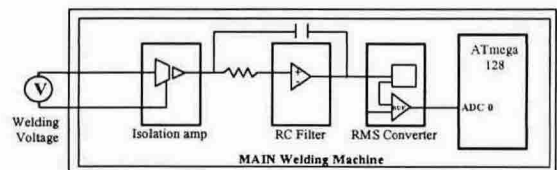


Fig. 4 Schematic diagram of voltage feedback circuit

2.2.2 지능형 전력 제어

본 연구에서는 Fuzzy 제어를 이용하여 설정 전압과 출력전압 사이의 오차량을 항상 보정하는 지능형 정전압 GMA 용접 시스템을 구현하였다<sup>3)</sup>.

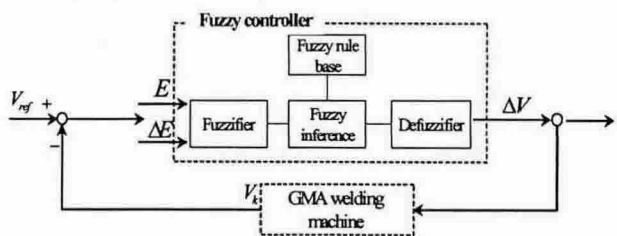


Fig. 5 Schematic diagram of voltage feedback circuit

Fig. 5는 정전압 제어를 위한 퍼지 제어기의 제어 순서도이다. 이 흐름에 따르면, 제어기는 k-1번째 plant의 출력변수(용접전압)를 측정하여 수식모델을 계산하고, 계산된 결과와 설정변수의 값과 비교한 후 그 차분(E)과 차분의 변화량(ΔE)을 퍼지 제어기의 입력변수로 사용한다. 이때 차분(E)과 차분의 변화량(ΔE)은 다음과 같이 정의되었다<sup>4)</sup>.

$$E = V_0 - V_{\infty} \quad (1)$$

$$\Delta E = E_0 - E_{0-1} \quad (2)$$

### 3. 실험결과

#### 3.1 정전압 제어 실험

본 연구에서 개발한 디지털 Thyristor GMA 용접 시스템을 평가하기 위해서 퍼지 제어기를 이용한 다음과 같이 정전압 제어 실험을 하였다.

Table. 1 Experimental results

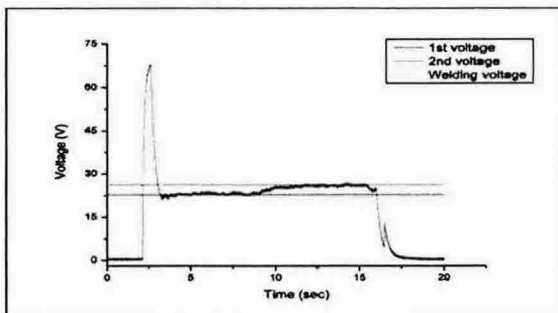
Experimental condition			Experimental results			
1st voltage	2nd voltage	Current	1st voltage(V)		2nd voltage(V)	
			mean	variation	mean	variation
23V	26V	170A	23.04	0.013	25.95	0.015
23V	27V	180A	23.05	0.013	27.01	0.019

Table. 1 에서와 같이 초기에는 23 V에서 용접하고 용접 중에 100 m 떨어진 곳에서 리모트 콘트롤러로 각각 26 V, 27 V로 용접전압을 변화시켜 실험한 결과이다.

용접전압 값을 측정한 결과 각 용접 전압의 평균값이 설정치와 일치하였으며, 표준편차도 0.013~0.019(V)에 안정된 퍼지제어기 특성을 확인 할 수 있었다.

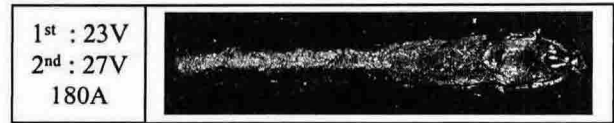


(a) Weld bead form

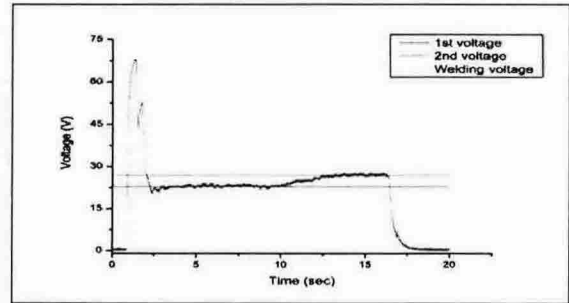


(b) Setting voltage & welding voltage

Fig. 5 Weld bead form and measured voltage using fuzzy controller for constant voltage mode (1st : 23V, 2nd : 26V, 170A)



(a) Weld bead form



(b) Setting voltage & welding voltage

Fig. 6 Weld bead form and measured voltage using fuzzy controller for constant voltage mode (1st : 23V, 2nd : 27V, 180A)

### 4. 결 론

본 논문은 One-chip 마이크로프로세서를 사용하여 용접 공정의 디지털화와 지능형 정전압 제어기를 구현하여 디지털 정전압 용접 시스템을 개발하였다.

### 후기

이 논문은 중소기업에서 시행한 중소기업 기술 혁신개발사업으로 지원받아 연구한 결과입니다.

### 참고문헌

1. Ki Chol Kim, Moon Jin Kang, and Si Hoon Cho : The State of the Art in GMA/GTA Welding System and Control Technology, Journal of KWS, 14-3 (1996)1-11 (in Korean)
2. Atmel corporation : ATmega128 Datasheet. (2003) 1-366
3. Moon Jin Kang, and Sehun Rhee : Arc stability estimation and fuzzy control for good condition short-circuit transfer mode of CO2 arc welding , Science and Technology of Welding and Joining, 6-2(2001) 94-102
4. C, T, Lin and C, S, G, Lee : Neural Fuzzy System, Prentice-Hall International 142-177