

LabVIEW를 이용한 TIG 용접 자동 전압 제어 장치 개발

송상은*, 정영철*, 조영태*[#], 정윤교*

*창원대학교 메카트로닉스대학 기계공학부

Development of Automatic Voltage Control Equipment using LabVIEW Software

Sang-Eun Song*, Young Cheol Jeong*, Young Tae Cho*[#], Yoon-Gyo Jung*

*Dept. of Mechanical Engineering, Colleges of mechatronics, Changwon National University

(Received 30 June 2016; received in revised form 8 August 2016; accepted 13 September 2016)

ABSTRACT

The arc, generated by Tungsten Inert Gas(TIG) welding, is stable and provides excellent quality of the weld. Since automation is difficult, a lot of work is performed by hand. In addition, to obtain the uniform weld quality is difficult when using a base metal having a nonuniform welding line, or when welding inside a pipe. Generally, TIG welding power has the characteristic of constant-current. The welding voltage is changed in proportion to the arc length. Hence, the automatic voltage control equipment should be applied at the TIG welding system. The automatic voltage control equipment has been designed using LabVIEW software. It consists of a manufactured voltage divider circuit, and jig for moving the torch. The voltage measurements and driving of the motor were performed through the algorithm implementation in LabVIEW. Welding was conducted while increasing the arc length. In this process, it was confirmed that the automatic voltage control equipment kept the arc length constant.

Key Words : TIG Welding(TIG 용접), Voltage Control(전압 제어), LabVIEW(랩뷰)

1. 서 론

TIG(Tungsten Inert Gas) 용접은 Ar, He 등 불활성 기체 속에서 텅스텐 전극과 모재 사이에 아크를 발생시켜 모재를 용접하는 용접법으로, 아크가 안정적이고 품질이 우수하여 고급용접 및 각종 배관의 초층 용접에 주로 사용되고 있다. 하지만 자동화가 어려워 수작업에 의해 많은 작업이 이루어지고 있으며, 용접선이 일정하지 않은 모재나 파이프 내부 등의 용접시 균일한 용접부 품질을 얻기 힘들기 때

문에, 이를 개선하기 위한 장치의 필요성이 요구된다^[1-3]. 또한 최근 고성능 하드웨어를 제어하는 기술이 발전되면서 관련 시스템의 개발 사례도 함께 증가하고 있으며, 이에 따라 LabVIEW를 활용한 시스템의 개발 역시 꾸준히 증가하고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 LabVIEW가 가지는 UI 구성의 장점을 활용하여 균일한 용접부의 품질을 얻기 위한 용접 시스템을 설계하는 것을 목표로 한다. LabVIEW를 이용하여 전압의 측정과 모터의 제어를 동시에 수행 가능한 알고리즘을 구현하고, 이를 통해 토치와 모재 사이의 거리를 일정하게 유지하는 자동 전압 제어 장치를 개발한 후 실험을 통해 검증하고자 한다.

Corresponding Author : ytcho@changwon.ac.kr

Tel: 82-55-213-3608

2. 기초 이론

2.1 TIG Welding

TIG 용접은 비소모성 전극을 사용하여 모재와 전극 사이에 고주파, 고전압을 인가하여 발생시킨 아크열로 모재를 용융시켜 접합하는 용접법이다. TIG 용접은 용접부 변형이 적고, 내부식성 및 기계적 성질이 우수하며 용접 입열의 조정이 용이하다는 장점이 있다^[4]. 또한 TIG 용접은 정전류의 특성을 가지고, 용접 전압이 아크 길이에 비례하여 변화하는 특성이 있다. Fig. 1은 용접 전압이 아크길이에 따라 변화하는 특성을 나타낸 개략도와 아크 길이에 따른 용접 전압을 나타내는 그래프이다. 실제로 그래프를 보면 아크길이에 비례하여 전압이 증가함을 알 수 있다. 자동 전압 제어(Automatic voltage control)는 이러한 TIG 용접의 특성을 이용한 것이다. 자동 전압 제어(Automatic voltage control)를 적용하면 전압 측정을 통한 데이터를 바탕으로 아크 길이를 일정하게 유지하고, 이로 인해 용접 전 구간에서 모재에 가해지는 열량을 균일하게 하여 용접 품질이 균일하게 이루어지도록 할 수 있다^[5-7].

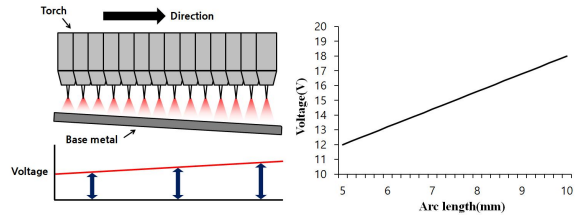


Fig. 1 Schematic diagram of voltage change according to arc length

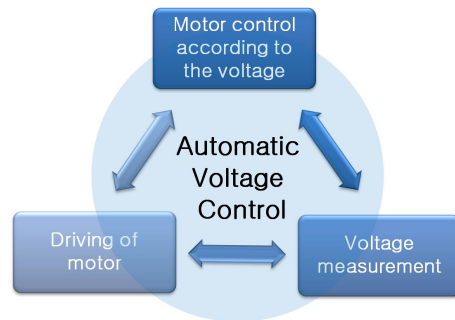


Fig. 2 Automatic voltage control algorithm

2.2 LabVIEW

LabVIEW는 미국 NI사에서 제작한 시스템 디자인 및 하드웨어 제어에 특화된 그래픽 기반 프로 그래밍 툴로써, 그래픽을 기반으로 한 프로그래밍 언어를 사용해 알고리즘을 구성하기 때문에 쉽고 간편하게 프로그램을 다룰 수 있다. PC를 이용하여 용접 전압 측정 및 모터 제어를 수행하고 이를 통해 자동 전압 제어를 하게 되는데, 이 알고리즘을 구현하기 위해 LabVIEW 소프트웨어를 사용하였다. Fig. 2는 LabVIEW를 이용한 자동 전압 제어 알고리즘을 나타낸 것이다. LabVIEW를 이용해 전압의 측정이 이루어지며, 동시에 측정된 전압에 따른 모터의 제어로 모터가 구동된다. 전압 측정, 모터 구동, 전압에 따른 모터 제어 이 세 가지 요소로 용접 중 자동 전압 제어가 이루어진다.

3. 시스템 구성

용접기 전원 Earth(+) 부분과 Torch(-) 부분에 각각 선을 연결하여 DAQ board를 이용해 전압을 측정하고^[8], PC에서 데이터의 수집 및 처리를 한다. Motor의 제어 또한 PC에서 이루어지며 이를 이용해 Torch를 상하로 움직일 수 있도록 장치를 구성하였다. Fig. 3은 자동 전압 제어 장치의 구성을 나타낸 개략도이다. 전압의 측정 및 전압 데이터의 수집과 처리는 DAQ board를 통해 이루어진다. DAQ board의 측정허용 전압 $\pm 10V$ 를 고려하여 용접기에서의 출력 전압 측정을 위한 감압 회로를 제작하였다. $1k\Omega$, $10k\Omega$ 두 개의 저항을 연결해 회로를 제작하여 감압된 전압 데이터를 수집하였다. 측정된 전압에 따라 토치를 상하로 움직이기 위해 볼 스크류와 서보모터를 이용한 직동 유닛을 설계 및 제작 하였고 앰프를 설치해 정밀한 모터 컨트롤을 수행 할 수 있도록 하였다. Fig. 4는 제작한 감압

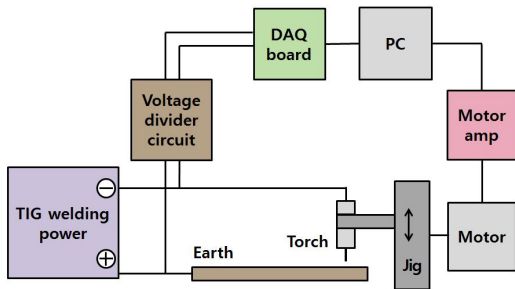


Fig. 3 Designing of automatic voltage control system

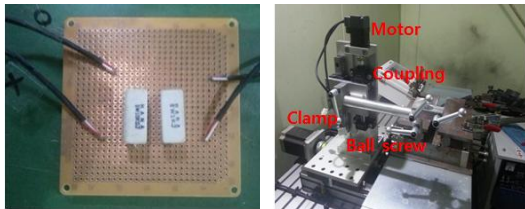


Fig. 4 Voltage down circuit and composition of hardware module for automatic voltage control

회로와 직동 유닛 시스템의 사진이다. 지그에 토치를 고정하기 위해 클램프를 추가하였으며, 제작한 직동 유닛 시스템을 2축 오토 캐리지에 설치하였다.

4. 제어 알고리즘 구현

LabVIEW에서 용접 전압 측정과 동시에 모터를 제어할 수 있는 알고리즘을 구상하여 블록 다이어그램을 작성하였다. 자동 전압 제어 장치를 구현하기 위한 LabVIEW 블록 다이어그램은 전압 측정, 모터 구동 그리고 측정된 전압에 따른 모터 제어로 나누어진다. 기본적으로 케이스 구조를 이용해 모터 구동과 전압 측정을 ON/OFF로 제어할 수 있도록 다이어그램을 구성하였다. 전압 측정 알고리즘의 경우, 전압 측정을 위하여 감압 회로로 감압된 전압 값을 보정해주었다. 또한 출력되는 전압 신호는 외란요소들에 의하여 리플이 발생하게 된다. 많은 리플의 발생은 불균일한 출력 전압을 발생하게

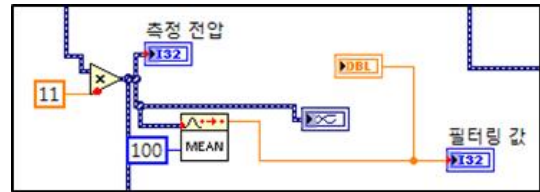


Fig. 5 Voltage output algorithm

되며 결론적으로 균일한 아크 길이제어가 어렵게 된다^{9,10}. 이를 해결하기 위해 전압 신호를 이동 평균 값으로 출력 해주는 알고리즘을 추가하였다. 이동 평균 값 산출은 중요한 데이터에 비중을 두고 그 값을 중심으로 일정 항수의 평균값을 도출하는 방법이다. 이동 평균 필터링 알고리즘은 100개의 전압 신호를 이동 평균으로 산출하여 실시간으로 출력해준다. Fig. 5는 전압 데이터를 출력 해주는 알고리즘 블록 다이어그램을 나타낸다. 웨브폼 차트와 정수 형태로 측정 전압 및 이동 평균 필터링 값이 출력되도록 하였다. 전압 측정에 따른 모터 제어 알고리즘의 경우 자동 전압 제어 장치의 동작을 위해 모터의 반복 운동이 가능하도록 케이스 구조 내부에 플랫폼 시퀀스 구조를 이용하였다. 플랫폼 시퀀스 구조는 한 서브 다이어그램이 다른 서브 다이어그램 이전 또는 이후에 실행되도록 하는 구조로, 이를 이용해 모터의 Repeat test module을 구현할 수 있다. 용접 전압 기준을 12V로 하였고, 측정 전압이 12V 이상이면 양수의 펄스를 모터에 주어 토치가 내려가고 12V 이하이면 음수의 펄스를 모터에 주어 토치가 올라가도록 하였다. 또한, 전압의 Limit을 최소 10V, 최대 16V로 하여 갑작스런 아크길이 변화에도 대응 할 수 있도록 하였다. 이러한 과정을 통해 자동 전압 제어 장치 작동 시 용접 전압에 따른 모터 제어를 통해 전압이 12V로 유지 되도록 알고리즘을 구현하였다. Fig. 6은 측정된 전압에 따라 모터를 구동하는 블록 다이어그램을 나타내고 있다. 필터링 값이 10V 이하 16V 이상일 경우 이동 평균 필터링 값에 0을 곱하여 모터에 펄스 신호를 주기 때문에 모터가 작동하지 않는다. 이동 평균 필터링 값이 10V와 16V 사이일 경우 필터링 값에 기준 전압인 12V를 빼고 70을 곱

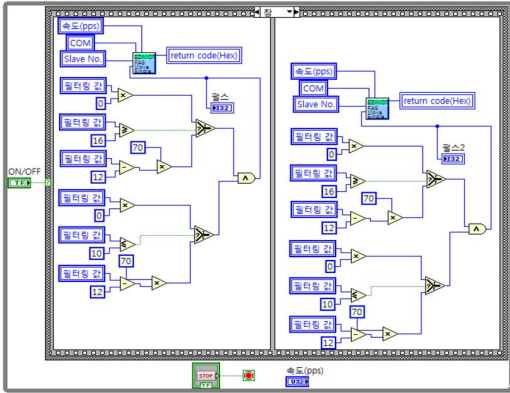


Fig. 6 Motor control algorithm according to the voltage measurement

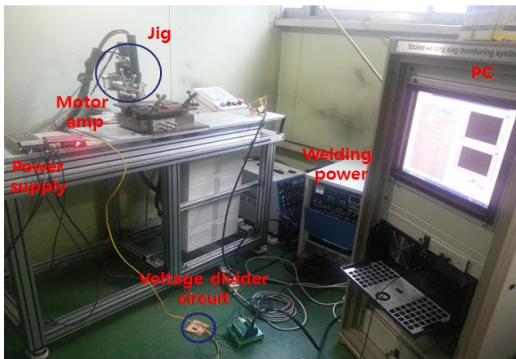


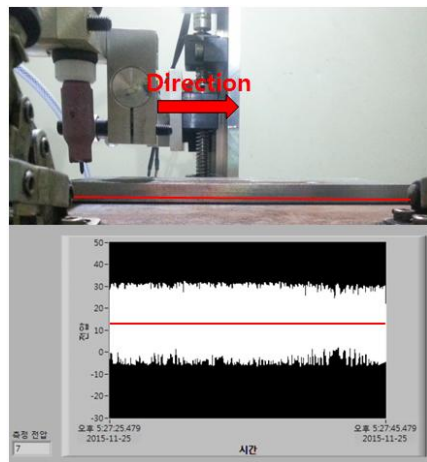
Fig. 7 Developed automatic voltage control system
 한 값을 모터에 펄스 신호로 주게 된다. 이와 같은 알고리즘을 플랫폼 시퀀스 구조 안에 구현하였고, 케이스 구조를 이용하여 ON/OFF로 자동 전압 제어 시스템을 제어할 수 있도록 하였다.

5. 개발 시스템 검증

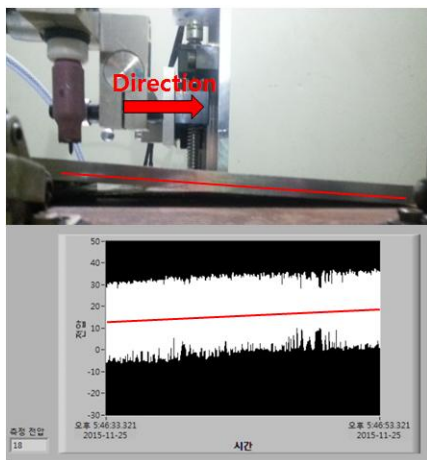
최종적으로 자동 전압 제어 장치를 개발하였으며, Fig. 7에서 장치의 구성을 확인 할 수 있다. 모터 앰프의 전원 공급을 위해 파워 서플라이를 사용하였고, 컨버터를 추가하여 PC와 모터앰프 사이에 시리얼 통신을 통해 모터의 제어가 가능하도록 하였다.

Table 1 Welding conditions for verification test

	Case 1	Case 2
Welding current [A]		100
Welding speed [mpm]		0.3
Arc length [mm]	5	5 - 10
Moving average voltage [V]	12	12 - 18



(a) Case 1



(b) Case 2

Fig. 8 Results of voltage measurement according to arc length

LabVIEW의 웨이브 폼 차트 기능을 이용해 측정된 용접 전압 신호를 PC에서 실시간으로 출력하도록 하였다. Case 1과 Case 2로 나누어 실험을 진행하였고, 실험 조건이 Table 1에 나타나 있다. 용접 전류는 100A로 하고, 용접 시작점에서의 아크 길이는 5mm로 동일하게 두 조건에 적용하여 실험을 수행하였다. Case 1의 경우 아크 길이에 변화를 주지 않고 아크 길이를 일정하게 하여 용접을 진행하였다. 용접 중 실시간으로 전압을 측정하였고 측정된 전압 신호는 일정한 주기로 출력되었다. 측정되는 전압 값을 이동 평균 필터링을 사용하였을 때 12V로 일정하게 측정되었다. Case 2의 경우 아크길이를 5mm에서 10mm 까지 일정하게 증가시키며 용접을 진행하였고, 이때 용접전압이 일정하게 증가하는 것을 확인 할 수 있다. 이동 평균 필터링을 사용하였을 때 처음 12V였던 용접 전압이 18V까지 선형적으로 증가하였다. Fig. 8에서 두 실험 방법에 따라 측정된 전압을 확인 할 수 있다. 측정된 전압에 대해 이동 평균 필터링을 적용한 값을 동시에 붉은 선으로 표시하였다. Case 1의 경우 아크 길이가 일정하여 측정된 전압 또한 일정하고, Case 2의 경우 아크 길이가 선형적으로 증가하기 때문에 측정되는 전압 또한 일정하게 증가하였다.

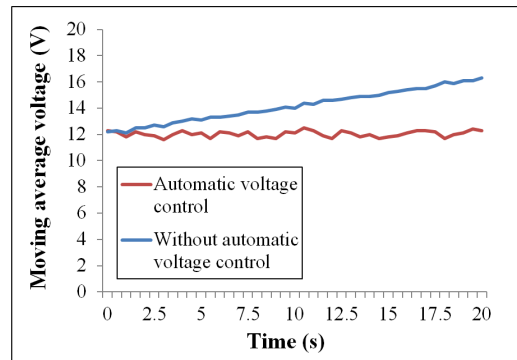


Fig. 10 The moving average voltage applied with auto voltage control and without

Fig. 9는 사용자가 자동 전압 제어 장치 작동을 하기 위한 LabVIEW 프론트 패널의 모습이다. 프론트 패널 왼쪽은 모터의 동작 제어를 하거나 실시간으로 모터 동작 상태를 확인할 수 있다. 프론트 패널의 오른쪽은 그래프에서 실시간으로 측정된 용접 전압을 출력하고 리플로 인한 전압값을 이동평균 필터링을 적용하여 실시간으로 출력한다. Table 1의 Case 2와 같이 전극봉과 모재 사이의 거리가 점점 증가하도록 용접 토치 및 모재를 설치하고 개발한 자동 전압 제어 장치를 작동하여 시스템 검증을 위한 실험을 실시하였다. 실시간으로 측정된 용접 전압을 바탕으로 전압값이 이동평균 값으로 정상적으로 변환되어 출력되었으며 그에 비례한 펄스 신호를 모터에 주는 것을 프론트 패널을 통해 확인하였다. 토치가 움직이면서 일정한 아크 길이로 용접을 수행하였고 용접 전압 역시 일정하게 유지되었다. Fig. 10은 Table 1의 Case 2와 같은 조건에서 자동 전압 제어 장치를 적용 했을 때와 적용하지 않았을 때 용접 시간에 따른 이동 평균 필터링을 적용한 전압 값을 그래프로 나타낸 것이다. 개발한 자동 전압 제어 장치에서 일정한 전압을 출력시키는 것을 확인 할 수 있다.

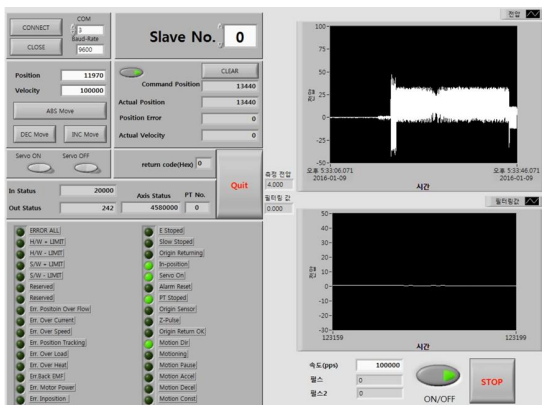


Fig. 9 Main front panel of automatic voltage control system

6. 결 론

본 연구에서는 아크길이에 따라 용접 전압이 변하는 TIG 용접의 특성을 이용하여 자동 전압 제어 장치를 설계 및 제작하였다. 전압의 측정과 동시에 모터를 제어하기 위해 LabVIEW 알고리즘을 구상하였으며 전압의 변화에 따른 모터의 제어 및 반복 운동을 위해 케이스 구조와 플랫 시퀀스 구조를 바탕으로 한 LabVIEW 블록 다이어그램을 구성하였다. 모터의 동작 상태와 측정된 전압을 실시간으로 출력해주고, 모터의 제어 및 자동 전압 제어 장치의 동작이 가능하도록 사용자 메인 패널에 구현하였다. 개발한 시스템의 성능 검증을 위하여 자동 전압 제어 장치를 작동시키고 아크길이가 점차 증가하도록 하여 실험을 실시하였다. 측정된 전압에 따른 모터의 회전으로 상하로 용접 토치가 움직여 일정한 아크길이를 유지하였으며, 이때 출력되는 전압 또한 일정하게 유지되는 것을 확인하였다.

후 기

“본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 Grand ICT 연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음.”(IITP-2016-R71181610050001002)

REFERENCES

1. Lee, G. W., "Development of TIG Welding Monitoring System", A Thesis for Master's Degree, Pukyong National University, Republic of Korea, 2005.
2. Cho, S. M., Son, M. S., Park, J. H., "Development of Welding Quality Monitoring Method for TIG Cladding", Journal of KWJS Vol. 31, No. 6, pp. 90-95, 2013.
3. Kim, H. H., Kim, I. S., "A study on development of the automated system for in-pipe welding" Journal of KWJS Vol. 26, No. 5, pp. 16-21, 2008.
4. Kim, J. S., Kim, B. H., Lee, C. S., Kim, Y. J., Park, Y. H., "Study on the status of welded parts according to the types of shielding gas in TIG welding", Journal of KSMPE, Vol. 14, No. 2, pp. 38-43, 2015.
5. Jeong, H. S., "Measurement of Voltage and Current in Fusion Welding" Journal of KWJS Vol. 19, No. 3, pp. 1-3, 2001.
6. Jeon, G. S., Park, J. S., Park, S. U., Kim, S. H., Ahn, H. W., "DC link voltage control method in the sinusoidal current drive system for dental hand-piece PMSM", Journal of KSMPE, Vol. 12, No. 4, pp. 16-21, 2013.
7. Kim, J. S., Kim, B. H., Lee, C. S., Kim, Y. J., Park, Y. H., "Study on The Status of Welded Parts According to The Types of Shielding Gas in TIG Welding", Journal of KSMPE, Vol. 14, No. 2, pp. 38-43, 2015.
8. Jeong, G. H., Jeong, Y. C., Cho, Y. T., Jung, Y. G., "Development of the molten pool monitoring and voltage / current measurement system using labview software", Proceeding of KSMPE Autumn Conference 2015, pp. 177, 2015.
9. Cho, Y. T., "A study on process analysis in pipe inside girth welding using GTAW", A Thesis for Master's Degree, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Republic of Korea, 1999.
10. Park, I. K., Ham, H. S., Cho, S. M., "The Effect of Arc Length and Shield Gas on Penetration Aspect Ratio in A-TIG welding", Journal of KWJS, Vol. 26, No. 6, pp. 42-47, 2008.