

디지털식 연속/단속 용접용 캐리지 개발

감병오* · 김동규** · 김광주*** · 김상봉***

부경대학교 대학원 학연기계공학, **한국가스공사 연구개발원, ***부경대학교 기계공학부

Development of Digital Carriage for Continuous/ Intermittent Welding

BYOUNG-OH KAM*, DONG-KYU KIM**, KWANG-ZU KIM*** AND SANG-BONG KIM***

*University Research Interdisciplinary Program of Mechanical Eng., Pukyong National University, Busan, Korea

**Pipeline Research Center, R&D Division Korea GAS Corporation(KOGAS), Korea

***School of Mechanical Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea

KEY WORDS: Pulse Width Modulation 펄스폭 변조, High Speed Input 고속입력, High Speed Output 고속출력, Continuous Welding 연속용접, Intermittent Welding 단속용접, Stray Inductance 부유용량

ABSTRACT: This paper shows the results of the development of a small size of digital type continuous and intermittent welding auto-carriage based on microprocessor (Intel 80196KC) for welding process with long welding line. The developed welding auto-carriage loads welding torch and tracks welding line. It is an automaton largely used for welding process with a lot of long welding lines such as shipbuilding and structure. Most traditional auto-carriages have been developed based on analog circuit for open loop control. So this analog circuit welding auto-carriage cannot control welding speed. Specially welding auto-carriage for intermittent welding condition is so complicated and has the low precision of control performance in welding distance and non-welding distance. The auto-carriage developed in this paper has the following characteristics: It has not only functions of traditional carriage but also functions such as pseudo-welding process of big iron structures, intermittent welding in order to limit heat for welding thin plates, crater treatment of the final step of welding, acceleration at the initial step of welding and deceleration in the final step of welding. The main control board of auto-carriage, power supply system and DC motor drive were developed and manufactured. The welding speed and the welding distance of the developed auto-carriage are controlled accurately by feedback control using photo-sensor. Hardware and software robust against the heat and noise produced on the welding process are developed.

1. 서 론

용접 기술은 오늘날 모든 산업 분야의 기초 생산 기술로서 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 용접 기술의 활용 분야로는 선박, 항공기, 자동차, 해양구조물, 철도차량, 압력용기, 저장탱크, 발전설비, 원자로, 가정용품 및 정밀 전자산업분야에 이르기까지 모든 산업 분야에 걸쳐 그 활용 범위는 실로 광범위하다(김영식, 1990). 그러나 용접공정은 유해 가스, 소음, 분진, 강한 자외선 등으로 인해 열악한 작업환경을 가지고 있으며 이러한 요인으로 숙련공의 부족은 물론 생산성의 저하 그리고 지속적이고 안정적인 품질관리가 곤란한 생산공정으로 뽑힌다. 현재는 다양한 산업분야에서 용접 자동화가 시도되고 있으며 그 활용범위 또한 지속적으로 확대되고 있다(신준호 등, 2000)

본 논문에서는 용접선 길이가 긴 용접 공정에 주로 이용되는 용접용 캐리지를 마이크로프로세서(intel 80C196KC)를 기반으

로 하여 소형의 디지털식 연단속 용접용 캐리지를 개발한 결과와 그 성능 평가를 나타낸다.

용접용 캐리지는 아크용접 토치를 탑재하고 용접선을 따라 주행하면서 용접 작업을 행하는 기기인데, 용접선 길이가 긴 공정이 많은 조선 및 철구조물 산업의 용접공정에 많이 활용되는 자동화 기기이다. 현재 현장에서 많이 활용되고 있는 용접용 캐리지는 대부분이 아날로그 회로를 기반으로 개발되어져 있으며, 이들 캐리지는 오픈 루프 제어이므로 정밀한 용접 속도 제어가 곤란하고 특히 단속 용접을 행하기 위해선 그 구조가 상당히 복잡해질 뿐만 아니라, 용접거리와 비용접거리 제어 성능이 상당히 낮다(강치정 등, 2000).

본 논문에서 개발한 캐리지의 특징은 다음과 같다. 기존의 아날로그 캐리지가 가진 기능뿐만 아니라, 대형 철구조물의 가접공정이나, 입열량이 제한된 박판 용접 조건에서 요구되는 단속 용접 기능과 용접 종단부의 크레이터 처리기능, 용접 시단부에서의 가속 기능 및 용접 종단부에서의 감속 기능을 가진다. 연속 용접은 용접 입열량의 영향을 받지 않는 경우, 모재의 두께가 두꺼운 경우에 주로 이용되는 방법으로 용접선을 모두 용접하는 방법이며, 단속 용접은 박판 모재 또는 용접 입열량이 제한된 용접 조건의 경우에 적용되는 용접법이다. 캐리

제1저자 감병오 연락처: 부산광역시 남구 용당동 부경대학교
051-620-1606 weldkam@hanmail.net

지의 주제어 보드(Main control board) 및 전원공급 시스템, 구동용 DC 모터 드라이버는 모두 자체 설계, 제작하였으며 포토 인터럽트(Photo-interrupt) 방식의 속도 센서에 의해 정확한 용접속도 및 용접거리를 피드백 제어하면서 용접작업을 수행하도록 개발하였다. 또한, 개발된 캐리지는 충분한 현장 적용 실험을 통해 용접시 발생하는 열과 노이즈에 강인하도록 하드웨어 및 소프트웨어를 설계, 개발하였다.

2. 캐리지의 하드웨어

2.1 캐리지의 구성

Fig. 1은 설계, 제작된 캐리지의 전체적인 하드웨어 구성을 나타낸 것이다. 캐리지는 제어부, 구동부, 캐리지 본체, 전원 공급부 및 안전장치로 구성되며, 제어부는 마이크로프로세서를 포함한 주제어장치, 주행 제어를 위한 DC 모터 드라이버, 용접조건 입력을 위한 조작판으로 구성하였다. 구동부는 주행을 위한 4개의 구동 바퀴와 동력원인 DC 모터, 기계적인 동력 전달부로 구성된다. 로봇 본체는 알루미늄으로 제작하여 경량화를 도모하였으며, 용접토치를 정확한 용접점에 위치시킬 수 있도록 X,Y 2축의 슬라이더를 설계 제작하였다. 필렛 용접과 아래보기 용접 모두를 수행할 수 있도록 수평축의 슬라이더를 100mm로 설계하였다. Photo 0은 캐리지의 각부 명칭을 나타낸 것이다.

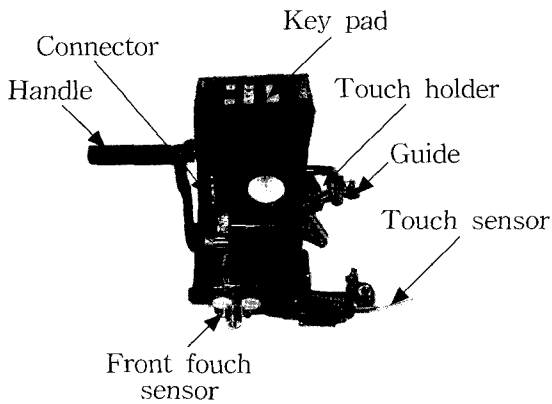


Photo 0 Configuration of welding carriage

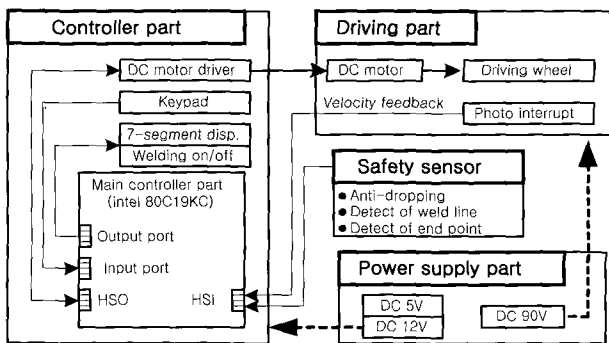


Fig. 1 Hardware composition of developed welding carriage

캐리지의 가이드는 필렛 모재에서 용접선을 추종할 수 있도록 안내해주는 역할을 담당한다. 안전장치는 측면의 터치센서와 전방의 터치 센서, 캐리지 하체의 롤러형 터치 센서가 있는데 용접중 돌발적으로 발생할 수 있는 모재 끝단이나 용접선이탈, 캐리지 추락을 감지하여 자동으로 정지시키는 기능을 담당한다. 캐리지는 무거운 용접용 케이블을 견인하면서 주행하여야 하기 때문에 설정 방향으로 자세를 유지하면서 주행하기 위해서는 큰 견인력이 요구된다. 그러나 무거운 케이블을 견인할 만큼의 견인력을 얻기 위해서는 캐리지의 자중이 그 만큼 커야하는데, 캐리지의 자중이 커질수록 견인력은 증가되지만, 그만큼 작업자가 캐리지를 취급하기 곤란해지며, 경제적이지 못하다. 따라서, 캐리지의 무게 중심을 고려하여 자석을 탑재함으로써 캐리지 자중에 비해 큰 견인력을 확보할 수 있도록 하였다. 모터축과 구동바퀴의 기어비는 360:1로 선정하였으며, 기어비를 높게 설계함으로써 속도 피드백에 대한 정밀도를 향상함과 동시에 큰 구동 토크를 얻을 수 있었다.

2.2 제어부 구성 및 설계

주제어장치는 인텔사의 16bit 원칩 마이크로프로세서인 80C196KC를 기반으로 설계 제작하였다.

80C196KC는 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)형으로 저전력이며 고속인 CPU 코어에 인터럽트(interrupt) 관리자, AD(Analog/Digital) 변환기, PWM(Pulse Width Modulator) 발생기, HSI/HSO(High Speed Input/Output), 타이머, 카운터 등이 단일 칩에 장착되어 다양한 제어시스템에 쉽게 적용시킬 수 있는 CPU이다(Intel, 1980).

80C196KC의 고속 데이터 입력부인 HSI 포트는 안전장치에서 발생된 신호의 입력과 구동 모터의 속도 제어를 위한 포토 인터럽트 센서의 속도 피드백 신호를 입력받는다. 속도 검출은 포토 인터럽트 센서의 펄스 입력 시간을 80C196KC의 Timer 1을 이용하여 측정하였다. 고속 데이터 출력부인 HSO 포트는 DC 모터 구동을 위해 모터 드라이버에 PWM 신호를 출력한다. 80C196KC의 입출력 포트 중 입력 포트는 조작판에서 사용자가 입력한 용접조건을 입력받는 기능을 수행하고, 출력 포트는 용접기에 용접 On, Off 신호를 출력하며, 또한 7-segment 디스플레이에 입력된 용접조건을 사용자가 확인할 수 있도록 출력한다. 용접조건 설정은 용접속도, 초기 용접속도, 가속구간, 마감 용접속도, 감속구간, 연단속 용접설정, 용접거리, 비용접거리, 크레이터 시간, 진행방향 설정으로 이루어져 있다.

2.3 모터 드라이버

Fig. 2는 용접용 캐리지의 주행 제어를 위해 개발된 모터 드라이버 회로도를 보인 것이다. 모터 구동방식은 PWM 제어 방식을 채택했으며 출력제어는 다음과 같다. 주제어부의 마이크로프로세서가 HSO 포트를 통해 PWM파를 출력하면 포토 커플러(Photo-coupler TLP250)는 PWM파를 입력받아 노이즈 제거 및 전원분리를 행한다. 포토 커플러로 입력된 PWM파의 전원 분리는 다음과 같다. 입력된 DC +5V는 DC +12V로 그리고 DC 0V는 DC -12V로 변환되어 출력되는데, 이와 같이 포토 커플러

플러를 통해 전원을 변환하여 출력하는 이유는 DC 5V의 TTL 전원 레벨보다 FET 전원 레벨이 스위칭 특성 및 노이즈 저감 효과가 우수하며, 용접 공정중 발생하는 강한 전원 서지 노이즈에 능동적으로 대처할 수 있기 때문이다.

DC 모터의 특징 중 하나인 역전류는 전원이 인가된 상태에서 모터가 정지하고 있을 때와 초기 기동시 강하게 발생되게 되는데, 이 역전류는 모터 드라이버를 소손시키며, 내부 제어 장치에 치명적인 영향을 준다(이강현, 1996). 따라서, DC 모터 드라이버 설계시 반드시 역전류 방지 대책이 요구된다. 본 논문에서는 역전류는 방지책으로 정전압 다이오드와 콘덴서를 이용한 서너버 회로를 구성하였다. 캐리지에 사용된 모터의 정격은 DC 90V, 0.2A, 15W이다.

2.4 전원회로 필터링 설계

용접 현장에서는 작게는 몇 대에서부터 많게는 수십 대의 용접기가 같은 전원 라인을 통해 전원을 공급받으며, 또한 동일한 그라운드에 접지를 하고 있다. 이들 용접기는 동시에 용접되기도 하며 또한, 불규칙적인 시차를 두고 용접이 이루어지기 때문에 전원 라인에는 심한 전원 노이즈가 발생하게 된다. 뿐만 아니라 고전류의 아크에 의해서도 큰 노이즈가 발생된다. 따라서 캐리지는 전원 노이즈뿐만 아니라 아크에 의한 노이즈에 노출된 상태이므로 오동작과 제어장치의 파손을 방지하기 위한 노이즈 방지책은 필수적이다.

노이즈 방지책으로서 우선적으로 요구되는 것이 전원 시스템 및 제어 신호들의 절연인데, 마이크로프로세서로부터 출력되는 모터 구동 제어용 PWM과 및 입출력 제어 신호는 포토 커플러를 이용하여 모두 절연하였다. DC 모터 전원용 DC 90V를 얻기 위한 정류 회로에서는 상용주파수의 교류 전원 라인과 직류 전원회로 간에 다음과 같은 노이즈 성분이 발생한다. 1차측 즉 교류 전원 라인에 고주파 입력이 가해지면 1차 및 출력 사이에 부유용량(浮遊 인덕턴스, stray inductance)이 발생한다. 이 부유용량은 펄스성 전원 노이즈로 작용하여 전체 시스템의 오동작을 일으키며 또한, 기기에 치명적인 손상을 일으킨다. 이러한 전원 노이즈 억제방법으로 라인필터(Line filter)에 의한 전원 노이즈 제거 방법이 많이 사용된다. 라인 필터는 주파수 대역, 전류용량에 따라 설계되며 노멀모드(전원 라인간) 및 코먼코드(전원라인과 접지간)가 있다(전기기술

1988).

Fig. 3은 라인필터의 기본회로 구성을 나타낸 것이다. 그림 (a)의 L형 및 그림 (b)의 T형 LC 필터는 전원 라인에 고주파 임피던스가 작고 또한 부하측에 고주파 임피던스가 큰 경우에 효과가 있으며, 그림 (c)의 π 형 LC 필터는 전원측에 고주파 임피던스가 큰 경우에 적합하다. 캐리지의 경우는 부하측의 임피던스도 클 뿐만 아니라, 전원 라인측의 임피던스도 상당히 크기 때문에 본 연구에서는 T형 LC 필터를 병렬로 연결하고 또한 π 형 LC 필터 형태와 같이 콘덴서를 직렬로 연결하는 더블 T형 LC 필터 방법을 제안한다. 이 방법은 용접 시스템과 같은 입력 전원 변동이 심한 경우 전원 안정화에 효과가 있음을 알 수 있었다.

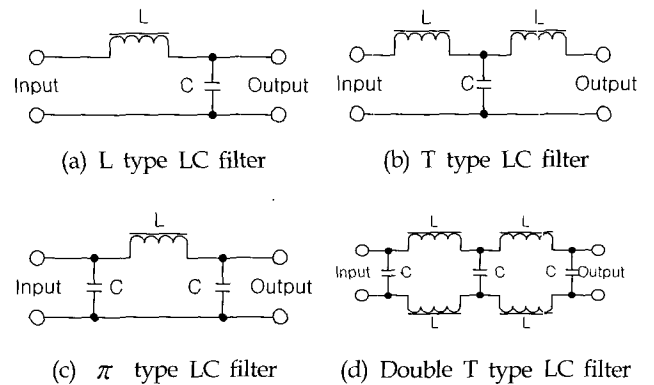


Fig. 3 Circuit of line filter

3. 소프트웨어 알고리즘

3.1 연단속 용접 기능 알고리즘

Fig. 4는 용접용 캐리지의 제어 알고리즘을 흐름도로 나타낸 것이다. 전원이 투입되면 캐리지는 사용자의 용접 조건 입력 대기 상태를 유지하게 되며, 조작판을 통해 용접조건을 입력받는다. 사용자가 설정할 수 있는 용접조건은 초기 용접속도, 가속구간, 용접속도, 용접거리, 비용접거리, 마감 용접속도, 감속구간, 크레이터 시간, 연속/단속 조건이다. 입력 조건 중 가속속 조건이 설정되면 마이크로프로세서는 0.01mm 단위로 가속구

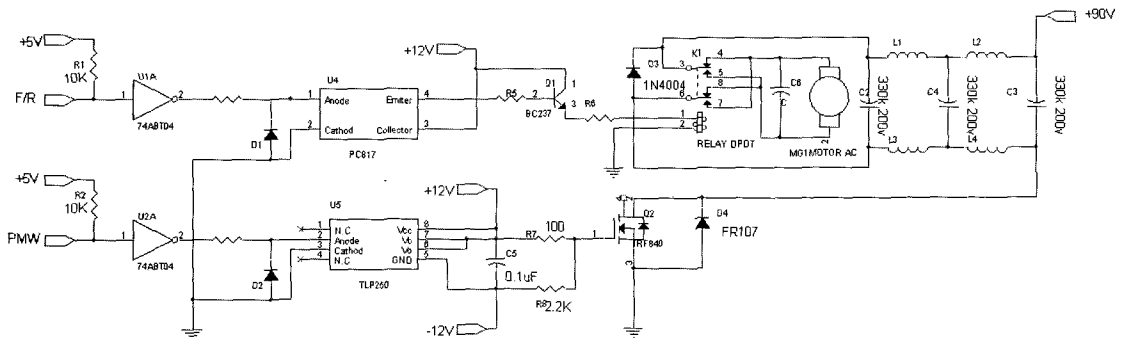


Fig. 2 Schematic circuit of motor drier

간의 속도와 감속구간의 속도를 미리 계산한다. 모든 용접 조건이 입력된 후 사용자가 시작 버튼을 누르게되면 캐리지는 용접기에 용접 On 신호를 출력함과 동시에 주행을 시작하게 한다. 가속구간이 설정되어져 있을 경우 처음부터 본 용접속도로 주행하지 않고 초기 용접속도에서 출발하여 가속구간 동안 마이크로프로세서가 0.01mm 단위로 미리 계산된 주행 속도로 주행한다. 그리고 사용자가 설정한 가속구간을 모두 주행한 후 본 용접 속도로 주행한다. 또한 감속구간이 설정되어져 있는 경우 역시 마감 속도까지 감속구간을 0.01mm 단위로 미리 계산된 감속 속도로 주행한 후 정지한 상태에서 크레이터 처리를 행하고, 용접기에 용접 Off 신호를 출력한다. 이 때 연속 용접 조건으로 설정된 경우에는 모든 용접 작업을 종료하게 되지만, 단속 용접 조건으로 설정된 경우는 단속 용접 횟수를 카운팅 하면서 비용접 구간을 주행한 후 시작 버튼이 눌려진 초기상태와 동일하게 작업을 반복 수행하고 설정된 단속 용접 횟수에 도달하면 모든 용접 작업을 종료한다.

연속 용접은 용접 입열량의 영향을 받지 않는 경우, 모재의 두께가 두꺼운 경우에 주로 이용되는 방법으로 용접선을 모두 용접하는 방법이다(안재현 등, 1995). 단속 용접은 박판 모재 또는 용접 입열량이 제한된 용접 조건의 경우에 적용되는 용접법인데, 다양한 용접조건에 따라 용접거리 및 비용접거리를 사용자가 임의로 설정한다. 캐리지는 작업성을 높이기 위해 용접을 행하지 않는 비용접구간에서는 최대속도(16mm/sec)로 빠르게 주행한다. 용접구간 및 비용접구간 모두 용접속도 및 이동거리를 피드백 제어하는데 센서는 포토 인터럽트를 이용하였다. 캐리지의 용접속도 제어는 PD제어기를 이용하였다. $e(t)$ 는 목표 용접속도에 대한 용접속도 오차이며, PD 제어 입력 $U(t)$ 는 식 (2)와 같다. 다양한 용접속도 범위에서 실험한 결과 PD 제어기의 게인은 $K_P=0.35$, $K_D=0.48$ 로 설정하였다.

$$e(t) = V_w - V_{wc} \tag{1}$$

$$U(t) = K_P e(t) + K_D \frac{de(t)}{dt} \tag{2}$$

3.2 용접 속도 가감속 제어

용접 시작부는 흔히 모재의 온도가 낮은 상태에서 용접이 시작되기 때문에 용접 시작부는 용접 입열량이 충분하지 못하게 되고 이로 인해 모재와 용융 금속의 융합 불량을 초래하게 된다. 이에 대한 대책으로는 엔드 탭(End tap)과 백스텝(Back step) 법을 이용하여 용접하는 방법이 제한되어있다. 이러한 방법은 고품질의 용접품질은 얻을 순 있지만, 생산비용 및 재료에 많은 손실이 발생할 뿐만 아니라 구조적으로 이런 방법을 적용할 수 없는 경우도 있다.

- W_d : Welding distance
- N_d : Nonwelding distance
- W_{dc} : Current welding position

- N_{dc} : Current nonwelding position
- D_a : Acceleration distance
- D_{ac} : Current position at acceleration distance
- D_d : Deceleration distance
- D_{dc} : Current position at deceleration distance
- C_i : Crater time
- C_{tc} : Current time at crater process
- V_w : Welding speed
- V_{wc} : Current welding speed
- V_i : Initial speed for acceleration region
- V_h : High welding speed at Nonwelding region
- T_i : Times of intermittent welding

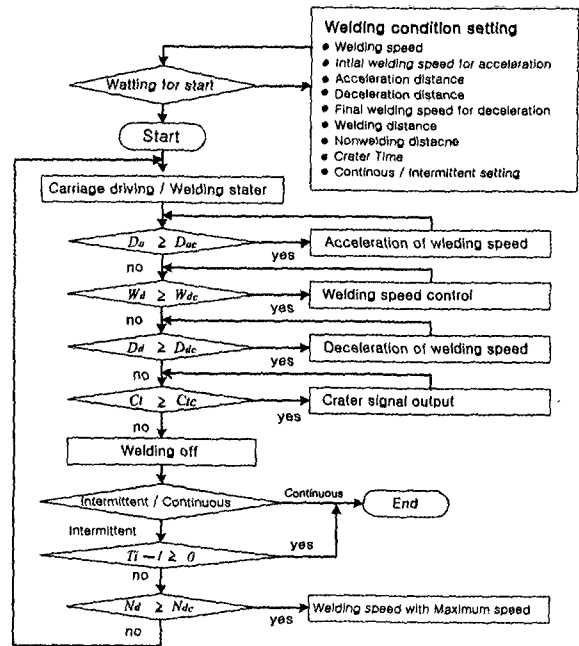


Fig. 4 Flow chart of algorithm for continuous intermittent welding carriage

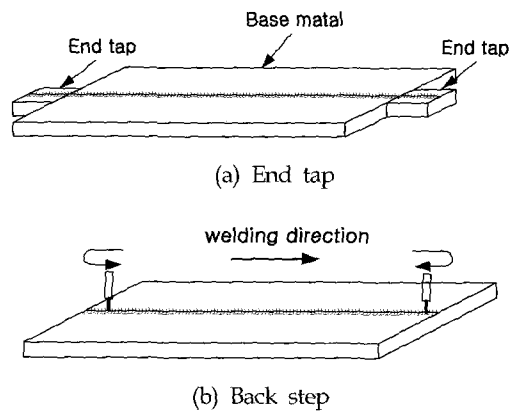


Fig. 5 End tap and back step

용접조건에 따라 용접 시작부에 충분한 입열량을 가할 필요가 있을 경우와 모재 구조상 엔드탭과 백스텝을 적용할 수 없을 경우에 사용자가 본 용접속도 구간 이전에 가속구간을 설정하여 용접 시작부에서 용접속도를 가속 제어하는 알고리즘을 개발하였다. 또한 용접 중단부에서 크레이터 처리만으로 비드 형성이 부족할 경우 용접 중단부에 감속 구간을 사용자가 설정하여 용접할 수 있도록 감속 알고리즘을 개발하였다.

Fig. 6은 단속 용접일 때의 용접 속도 패턴을 나타낸 것이다. (a)는 용접 시작부의 충분한 용입을 위해 가속을 행하는 구간으로 사용자가 용접 조건에 따라 초기 용접속도와 가속구간을 설정하면 설정된 초기 용접속도에서 본 용접속도까지 가속을 행한다. 가속구간의 속도 제어는 설정된 가속구간을 0.01 mm 단위로 나누고 각 구간에 대한 용접속도 증분값 ΔV_a 을 식 (3)과 같다. 가속구간의 n 번째 입력속도는 식 (5)와 같다. (b)는 설정된 용접 속도로 주행하는 구간으로 이 때의 속도 제어는 식 (2)와 같이 PD 제어를 통해 이루어진다. (c)는 용접 중단부에서 크레이터 처리만으로 비드 형성이 부족할 경우 용접 중단부에 감속 구간을 설정하여 용접을 행하는 감속구간인데 식 (4)는 감속 속도 증분값 ΔV_d 이고, 식 (6)는 감속구간의 n 번째의 입력 속도값이다.

$$\Delta V_a = \frac{V_w - V_i}{Da/0.01} \tag{3}$$

$$\Delta V_d = \frac{V_w - V_f}{Da/0.01} \tag{4}$$

$$V_{an} = V_i + (\Delta V_a \times n) \tag{5}$$

$$V_{dn} = V_w - (\Delta V_d \times n) \tag{6}$$

3.3 크레이터 처리기능

크레이터 처리는 용접 끝단부의 비드 함몰을 방지하기 위해 마지막 용접부에서 정지한 상태로 용접을 행하는 것이다. 크레이터 처리시 용접전류 조건은 각 용접기 제조사에 따라 다소 차이는 있지만 통상 본 용접전류에 약 50~70% 내외의 전류값

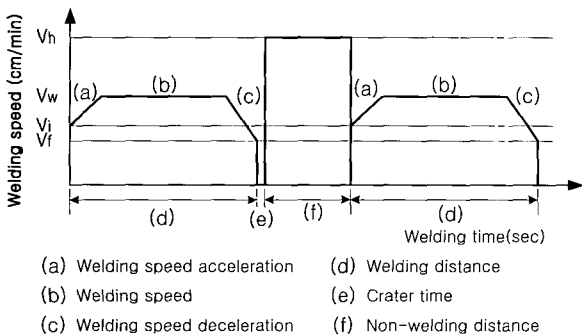


Fig. 6 Welding speed pattern of intermittent condition

을 크레이터 전류로 설정하고 있다. 작업자가 직접 수작업으로 용접을 행할 경우 작업자는 비드의 형성 과정을 직접 확인하면서 크레이터 시간을 임의로 조정하지만, 용접자동화 기기에서는 사용자가 설정한 크레이터 처리 시간 동안 크레이터 처리를 행한다.

본 논문에서 개발한 용접 캐리지는 다양한 크레이터 처리 조건 설정에 대응하기 위해 0.1sec 단위로 0~10sec까지 설정할 수 있도록 설계하였으며 용접공정 중 돌발적으로 발생하는 모재의 끝단 감지, 추락방지 센서 감지, 사용자 임의 정지 명령 등의 비상 정지가 발생하면 자동적으로 크레이터를 수행한 후 용접을 종료하도록 하였다.

4. 용접 시험 결과

본 연구에서 개발된 용접용 캐리지의 성능을 시험하기 위해 연강 4mm 두께의 판재를 서로 필렛 결합 형태로 단속 용접을 수행하였다. 이 때 용접 조건은 Table 1과 같다. Fig. 7은 실험 장치의 구성을 나타낸 것이다. Photo. 2는 캐리지가 용접 작업을 행하는 장면을 보인 것이다. Photo. 3은 Table 1의 조건으

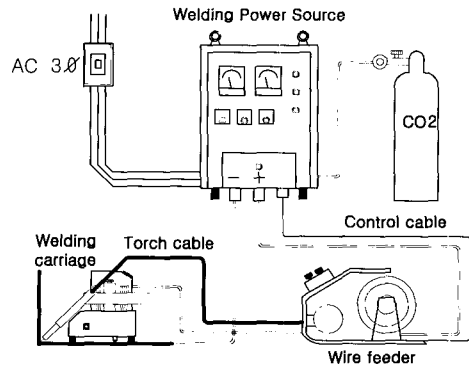


Fig. 7 Composition of welding mobile carriage

Table 1 Welding condition

Work piece	Mild steel 4t (mm)
Joint type	Filet joint
Welding wire	1.4 φ Flux cored wire
Welding current	200A
Welding voltage	25V
Welding speed	7.5mm/sec
Sliding gas	18 l / min CO2
Power source type	Thyristor type
Initial speed for acceleration	3mm/sec
Acceleration distance	10mm
Final speed for deceleration	3mm/sec
Deceleration distance	10mm
Welding / Nonwelding distance	50mm / 200mm

로 단속 용접된 작업물의 사진을 나타낸다. 설정된 용접거리와 비용접거리를 정확히 주행하였는가를 알아보기 위해 현장에서 많은 시험을 거친 결과 최초의 비드가 0.1mm~1mm 지연되어 형성되었으며 그 이후 비드 및 비용접거리는 오차 없이 정확하게 제어되었다. 최초 비드가 0.1mm~1mm 지연되어 형성되는 것은 구동부 기어 백래쉬가 그 원인이다. Photo 4는 Table 1의 조건에서 얻어진 비드의 종단부를 나타낸 것이다. 표면 비드의 함몰 없이 미려한 비드 외관을 얻었다.

Table 2는 개발된 용접 주행로봇의 사양을 나타낸 것이다.

Fig. 8은 캐리지의 속도 추종성을 시험하기 위해 Table 2의 조건으로 시험한 결과를 나타낸 것이다. 실선은 설정된 속도이고, 점선은 측정된 속도를 나타낸다.



Photo 1 Photograph of welding carriage



Photo 2 Photograph of Intermittent welding bead



Photo 3 Photograph of deceleration welding bead

Table 2 Welding condition

Welding speed	8mm/sec
Welding distance	48mm
Nonwelding distance	88mm
Acceleration distance	10mm
Initial speed for acceleration	5mm/sec
Deceleration distance	8mm
Final for deceleration	4mm/sec
Crater time	0.5sec

Table 3 Specification of welding mobile carriage

Items	Size or Range	
Body	Size (W×L×H)	145×200×285
	Weight	6kg
	Driving method	DC Motor, 4 Wheel
Function	Welding speed	1mm/sec ~ 15mm/sec
	Welding distance	10mm ~ 10m
	Nonwelding distance	10mm ~ 10m
	Acceleration distance	1mm ~ 100mm
	Initial speed for acceleration	1mm/sec ~ 10mm/sec
	Deceleration distance	1mm ~ 100mm
	Final for deceleration	1mm/sec ~ 10mm/sec
	Crater time	0.1sec ~ 10sec
Input Power	AC 110/220V 60Hz (Free voltage)	

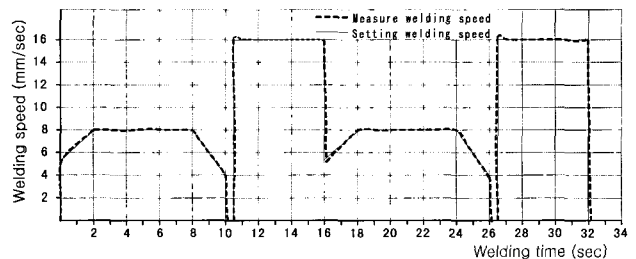


Fig. 8 Tracking speed of the developed carriage

5. 결 론

본 연구에서 개발된 연단속 캐리지는 원칩 마이크로프로세서(80C196KC)를 기반으로 설계/개발되었으며, 기존의 연속 캐리지의 기능뿐만 아니라, 단속용접, 용접 시작부와 종단부에 용접속도 가감속 제어 및 크레이터 처리 기능과 안정장치를 갖춘 다기능 디지털식 연단속 용접 캐리지이다. 여러 용접 현장에 적용한 결과 우수한 작업성과 고품질의 용접부를 얻었을 수 있었다.

개발된 연단속 캐리지는 밀폐된 공간에서의 용접작업뿐만 아니라, 작업자가 접근하기 힘들고 위험한 작업공간에서의 용접작업도 원활히 수행할 수 있기 때문에 조선 고정중의 밀폐된 선실 용접작업, 위험한 선체의 난간 용접작업에 탁월한 작업능력을 가지고 있다. 또한, 연단속 캐리지는 조건 용접공정뿐만 아니라, 철구조물, 교량, 일반 용접작업에도 그 활용범위가 확대될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 강치정, 전양배, 감병오, 신승화, 김상봉 (2000). "연단속 용접주 행로봇의 개발", 대한용접학회 추계 학술대회 논문집 pp 31-33.
- 김영식 (1990). "최신용접공학", 형설출판사, pp 50-72..
- 전기기술 (1988). "전기회로의 노이즈 트러블 대책", 특집 기사, pp 55-65.
- 신준호, 김재웅 (2000). "용접선 자동추적을 위한 이중 전자기 센서의 개발에 관한 연구", 대한용접학회지, 제18권, 제4호, pp 330-339.
- 안재현, 김재웅 (1995). "박판 GMA용접에서 단락 주파수를 이용한 이면비드의 제어에 관한 연구" 대한용접학회지, 제13권 제4호, pp 203-208.
- 이강현 (1996). "모터제어기술", 성안당, pp 108-120.
- intel (1980). "80XC196KD User's Manual", pp 20-32.

2002년 1월 10일 원고 접수

2002년 2월 5일 최종 수정본 채택