

무선통신기술을 이용한 용접 캐리지에 관한 연구

김동완*, 박지호*, 남정락*, 허태원**, 신동률***, 신춘식§
 *동명대학, **삼성전기, *** (주)보강하이텍, §(주)신안하이텍

A Study on Welding Carriage using Wireless Communication

D.W.Kim*, J.H.Park*, J.R.Nam*, T.W.Heo**, D.R.Shin***, C.S.Shin§

*Tongmyong College, **Samsung Electro-Mechanics, ***BoGang Hi-Tech, §ShinAn Hi-Tech

Abstract - In this paper, an automatic welding carriage is developed by wireless communication. In the developed system, a data transmission of a automatic welding line tracking is adopted by RF communication. Additional, a welding condition of the automatic welding carriage is displayed by microprocessor. Therefore, the developed system can overcome the restriction of an operating distance and perform an accurate transmission of the control signal.

1. 서 론

최근 용접기술의 활용범위와 소재가 날로 광범위해지고 기술개발을 통한 고용착 및 고속 용접기법이 개발되고 있을 뿐만 아니라, 산업의 자동화 및 로봇화로 인해 용접의 고장도화, 고탄성화, 고정밀화, 용접변형의 극소화가 이루어지고 있다. 또한, 자동 생산 공장 등 자동용접이 가능한 분야뿐만 아니라 기능 인력의 수동용접에 의존해오던 조선 및 건설과 같은 산업 영역에서도 극한 환경아래의 용접이 가능한 무인화가 추진되고 있다. 향후, 국내 조선 수주량의 증가, 건설경기의 호전에 따른 이들 산업의 성장이 기대됨에 따라 신소재에 대한 용접 기술 및 차세대 신용접, 접합기법의 개발이 요구되고 있는 실정이다. 이러한 자동용접기술은 수동용접에 비하여 다음과 같은 장점들을 가지고 있다. 첫째, 용접 조건을 일정하게 유지하며, 용접공 기술의 차이에 의한 용접 격차가 없고 강도가 우수하여 용접 이음의 신뢰도가 높다. 둘째, 적당한 와이어와 용체를 써서 용착 금속의 모든 성질을 개선할 수 있다. 셋째, 열에너지 손실도 적고 용접속도가 수동용접의 10~20배에 달하므로 능률이 높다. 넷째, 용접 흠의 크기는 작아도 용접 재료의 소비가 적어져서 경제적이며 용접 변형도 적다. 그러나, 다음과 같은 단점도 가지고 있다. 첫째, 설비비가 많아 든다. 둘째, 용접 길이가 짧고 용접선이 구부러져 있을 때에는 용접 장치의 조작이 어려워지며 비능률적이다. 셋째, 용접 흠의 가공은 수동 용접에 비하여 그 정밀도가 좋아야 하므로 특히 루트 간격이 크면 떨어질 위험이 있다. 넷째, 열악한 작업환경에 대한 용접의 정밀도가 저하될 가능성이 존재한다. 다섯째, 단순 자동 용접이 아닌 라인 자동화 용접의 경우 작업라인의 거리에 따라 인위적인 작업자의 작업환경 설정이 필요하다. 이러한 장·단점을 가지고 있

는 기존의 자동용접 방식에서는 용접 시작점 및 종료점을 찾거나 용접해야할 곳을 미리 찾아 로봇에 입력하는 Off-line Teaching 등의 기술이 사용되어왔다. 이러한 방식은 작업자의 숙련도에 따라 그 결과가 크게 달라지므로, 인간이 아닌 로봇을 이용한 용접자동화는 용접 전 처리 단계에서 발생하는 조립오차나 용접 중 발생하는 열변형 및 작업 환경의 변화에 의해 원래 예정됐던 용접선의 위치가 달라져 정확한 용접이 불가능하게 된다. 따라서, 로봇을 이용해 자동 용접을 수행할 때, 로봇 자신이 용접선의 변화를 스스로 인지하여 교시 궤적 (Teaching Trajectory)을 수정하는 '용접선 자동추적 기능'이 연구되고 있다. 현재 미국, 프랑스, 영국, 소련 등의 선진 자동 용접 국가에서는 제조 공정에 있어서의 이음매를 고해상도의 영상 추적 장치를 사용하여 추적하는 영상 용접 장치의 개발이 활발히 진행되고 있다. 이러한 장치의 개발은 첨단 자동 용접을 위한 것으로서 비디오 카메라, 모니터, 컴퓨터, TIG(텅스텐 비활성 기체) 용접용 토치 램프 등으로 구성되어 있으며, 항공 우주 산업과 의학계를 비롯하여 다양한 종류의 산업에서 여러 가지 중요한 용도로 사용되고 있다. 그러나, 이러한 영상 자동 용접 장치 역시 영상 신호의 전송이 유선으로 이루어지기 때문에 작업거리의 제한을 가지게 되며, 실시간 영상 전송 및 처리에 있어서 어려움을 가지게 된다. 또한, 영상 처리 기기는 특수한 렌즈 및 제어 컴퓨터의 고성능을 필요로 하므로 제품의 비용이 높아지는 단점을 가진다. 최근 국내에서 역시 산업 자동화에 따른 용접 자동화가 활발히 진행됨에 따라 자동 용접을 위해 실시간으로 용접선을 감지하는 센서들이 개발되었다. 자동 용접에 있어서 용접선 추적 센서는 접촉식 센서와 비접촉식 센서가 있으며, 접촉식 센서는 기계적으로 매우 간단하다는 장점을 가지지만 용접선의 변화에는 대처할 수 없고, 많은 기구학적 문제와 마모 등의 단점으로 인해 비접촉식이 주로 사용되고 있다. 또한, 국내에서는 용접 토치가 좌우로 휘빙하면서 용접 전류와 아크 전압 값을 측정하여 용접선의 위치를 감지하는 아크센서와 영상으로부터 3차원 거리 정보를 쉽게 얻을 수 있으며, 물체의 인식뿐만 아니라 원하는 정보를 추출하는 과정을 용이하게 하는 장점을 가진 고밀도의 단파장 빛을 사용하는 레이저 비전센서를 개발하고 있다. 이러한 아크 용접의 아크센서의 경우 측정된 전류 값과 위치 오차의 측정이 어

럽고 데이터의 전달 역시 유선으로 이루어지고 있는 실정이므로 작업거리의 제한 및 전 작업 과정의 DB화가 어려운 상황이다. 레이저 용접의 레이저 센서의 경우 광라인에 관한 정보 밖에는 얻을 수 없기 때문에 이것을 이용해서 의미 있는 정보로 가공하는 별도의 부가 회로가 추가적으로 필요로 하고 제품 비용이 높아지며 영상 신호의 전달 및 제어가 어렵다는 단점을 가진다. 오피털 용접의 경우도 역시 작업자에 의한 작업 파라메타가 미리 제어 컴퓨터에 입력이 되어야 하며 실시간으로 변화하는 작업 환경에 대한 대처가 어렵다. 이러한 용접선 자동 추적 장치에서 실시간 감지 센서를 통해 획득된 데이터는 로봇을 제어하는 Microcomputer에 전송되어야만 하는데, 기존의 데이터 전송방식은 유선 방식을 채택하고 있다. 기존의 유선 데이터 전송방식은 작업 거리가 한정되고, 작업장의 환경에 따라서 전송되는 데이터가 막대한 영향을 받게 된다. 이러한 데이터 전송기법에 대한 단점에도 불구하고 국내·외 자동 용접 시스템에서의 무선통신 기술의 접목은 전무한 상태이다.

따라서 본 논문에서는 용접선의 변화에 대한 용접선 자동추적 데이터 전송을 RF 무선통신기술을 적용하여 작업 제어 거리의 제한을 극복하고, 정확한 제어 신호의 송·수신을 실행하였다. 또한, 작업로봇의 용접 조건을 무선 통신을 통해 Microprocessor에 전달하여 디스플레이에 의한 상태확인 기술을 개발함으로써 보다 정확하고 속응성이 뛰어난 자동용접 Carriage를 개발하였으며, 개발된 시스템은 다음과 같은 두 부분으로 구성된다. 첫 번째는 무선통신에 의한 디지털 자동용접 carriage의 개발이다. 기존에는 용접 시에 용접조건을 맞추어 주는 전류와 전압신호는 가변저항에 의한 아날로그 제어 방식을 이용하고 있다. 이는 용접 파라메타를 결정하는 아날로그 소자의 오차가 약 $\pm 5\sim 3\%$ 이상의 특성을 가지므로 정확한 전류와 전압 값의 설정이 어려워 용접의 효율성이 떨어지게 된다. 또한 용접특성을 결정하는 주행속도, 위빙속도, 위빙폭, 좌범춤, 우범춤 등도 아날로그 소자에 의한 오차를 가질 뿐만 아니라 용접자의 경험에 의해서 용접 파라메타를 결정하고 있는 실정이다. 이는 용접조건 변동에 가려지며 용접의 신뢰성과 효율성을 떨어뜨리게 된다. 따라서, 본 논문에서는 용접조건을 결정하는 입력 파라메타의 변동을 줄이기 위해서 완전 디지털제어기를 구성하여 용접 시에 용접조건을 일정하게 유지하고, 용접의 효율성과 신뢰성을 높이기 위한 마이컴 디지털 제어 시스템을 개발하였다. 또한, 국내외 용접기의 특성을 맞추기 위한 전류센서에 의한 제어알고리즘을 이용하여 전류/전압의 파라메타 값을 자동용접 carriage에서 자동으로 맞추게 되며, 용접자가 용접 값을 정확하게 읽을 수 있도록 용접 파라메타 부분을 디스플레이화하여 용접의 신뢰성 및 효율성을 높였다. 두 번째는 자동용접 carriage의 상태확인 기술 개발이다. 디지털 자동용접 carriage를 이용하여 자동용접을 제어하는 경우, 용접의 신뢰성과 안전성은 용접의 조건을 결정하는 파라메타 값의 일정 관리에 있다. 따라서, 본 논문에서는 디지털 자동용접 carriage와 연동되는 용접기의 와이어 송급 특성, 용접전류, 용접전압 특성, 용접속도 및 용접기능(위빙)

데이터들을 정량적 관리와 작업의 재현성 확보 및 이를 저장할 수 있는 디스플레이 상태확인 시스템을 개발하여 용접의 효율성과 신뢰성을 보장하였다.

2. 시스템 구성

본 논문에서 개발된 시스템의 전체 구성도는 그림 1과 같다.

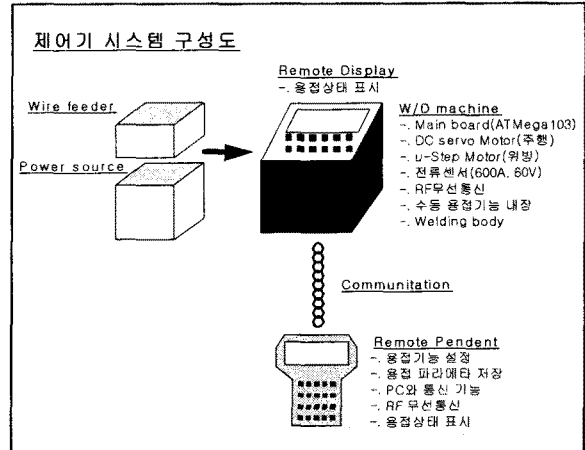
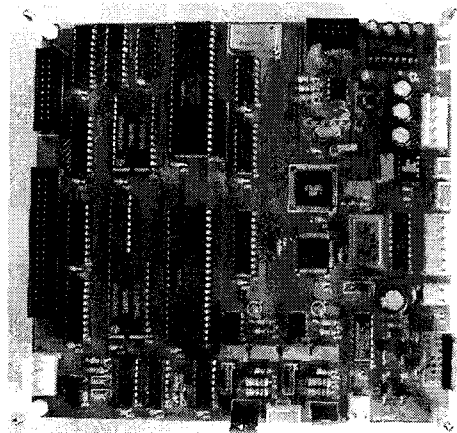
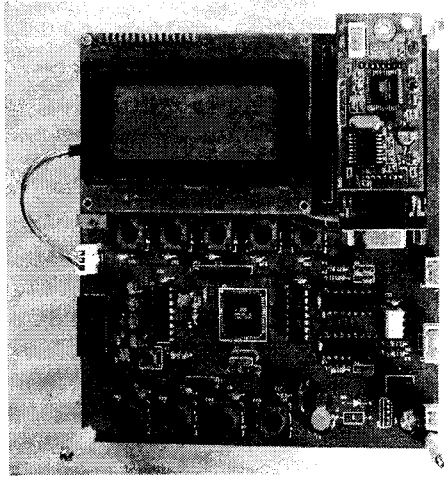


그림 1 시스템의 전체 구성도

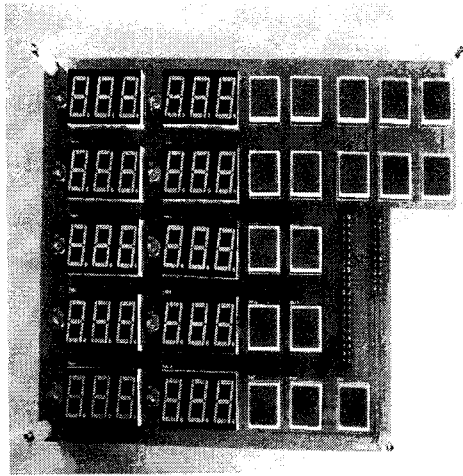
그림 2의 (a), (b), (c), (d)는 본 논문에서 개발된 무선 자동 용접 시스템의 디지털 제어부, RF 무선 통신 remote controller부, 자동 용접 시스템 입력 조건 디스플레이부, 자동 용접 시스템의 토치부를 각각 나타낸다. 그림 2(a)는 무선 자동 용접 시스템의 디지털 제어부로서, 제어 패널의 각 주행 및 위빙 속도, 입력 패턴, 디스플레이에 대한 정보를 마이크로프로세서로 제어하는 역할을 하며, 마이컴으로부터 사용자의 제어하고자 하는 신호를 무선으로 수신하여 실질적인 구동을 수행할 수 있도록 하는 통신 인터페이스 회로를 내장하고 있다. 그림 2(b)는 RF 무선 통신 remote controller부로서 제어 패널로부터 입력된 용접 시작/정지, 인칭, 주행모터속도, 위빙모터속도, 위빙폭, 위빙모터 좌/우/중간범춤, 용접 파라메타 저장, 용접 파라메타 저장모드 선택, 용접모드(기능)설정에 대한 신호를 무선으로 송수신할 수 있도록 한다.



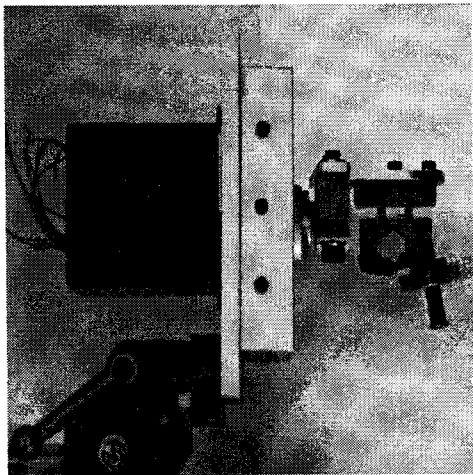
(a) 디지털 제어부



(b) RF 무선 통신 remote controller



(c) 입력 조건 디스플레이부



(d) 자동 용접 시스템의 터치부
그림 2 무선 자동 용접 시스템 제어회로

그림 3부터 5는 각각 개발된 시스템의 그림 2(a)의 디지털 제어부, 2(b)의 RF 무선 통신 remote controller 및 2(c)의 입력 조건 디스플레이부의 회로도를 나타낸다.

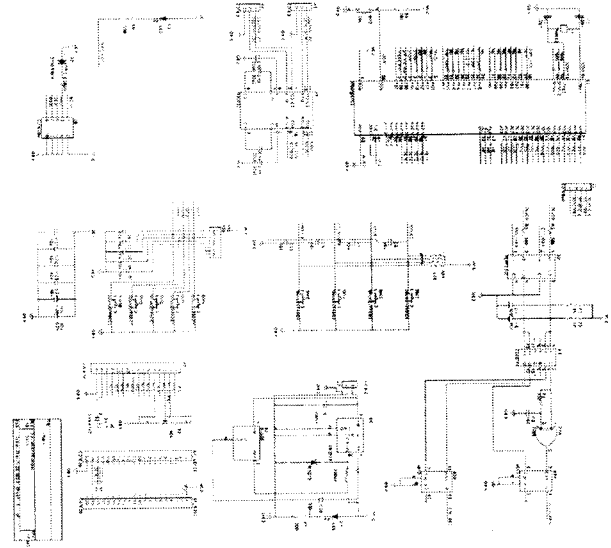


그림 3 디지털 제어부의 회로도

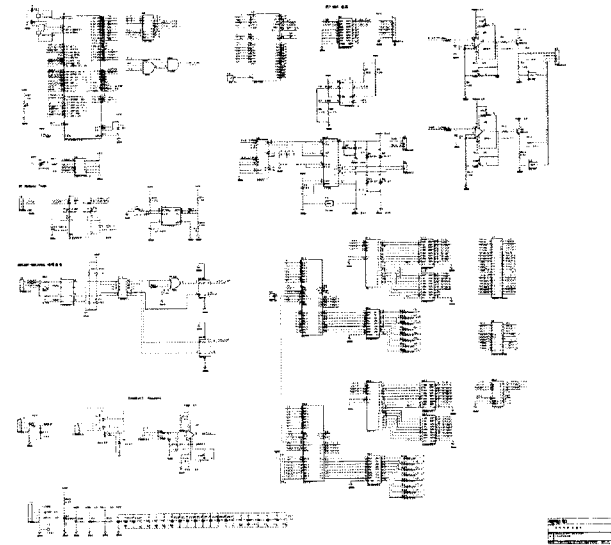


그림 4 RF 무선 통신 remote controller의 회로도

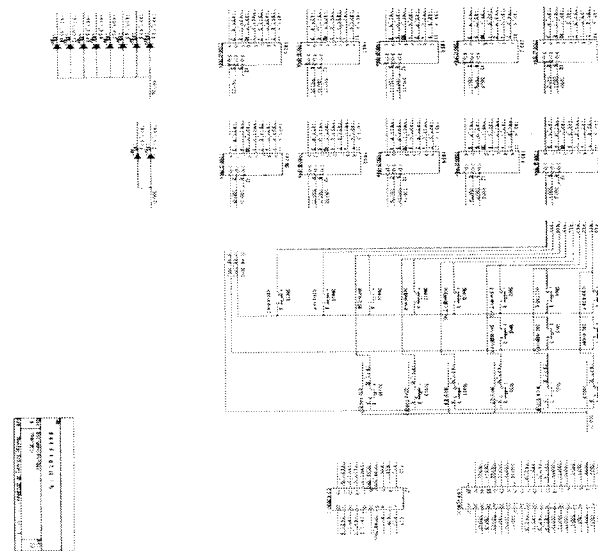


그림 5 입력 조건 디스플레이부의 회로도

3. 실험결과

그림 6은 본 논문에서 개발된 RF 무선 통신을 이용한 용접 캐리지를 나타낸다.

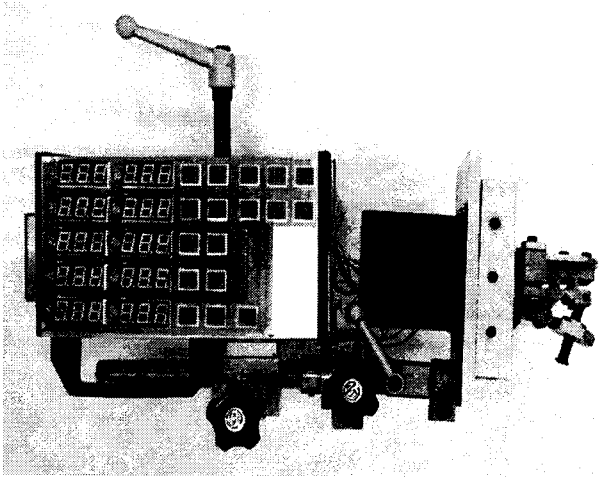
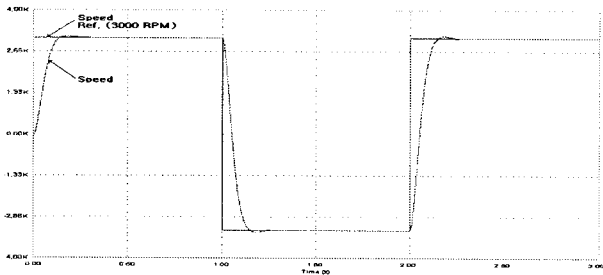
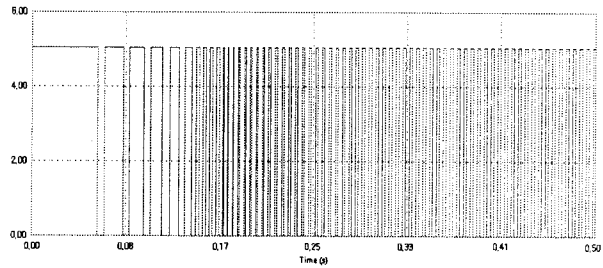


그림 6 무선 통신을 이용한 용접 캐리지

그림 7은 본 논문에서 개발된 시스템의 주행모터의 속도제어를 위한 시뮬레이션 결과로 그림 7(a)는 속도파형을 나타내고, 그림 7(b)는 주행모터 제어의 PWM 신호 파형을 나타낸다. 그림 7(a)에서 보는 것처럼 0.25[sec]의 빠른 응답시간을 가짐을 알 수 있다.



(a) 속도 파형

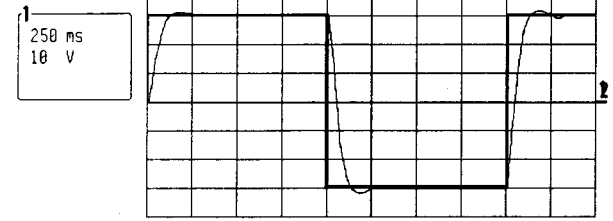


(b) PWM 신호

그림 7 DC 속도 제어의 시뮬레이션 결과

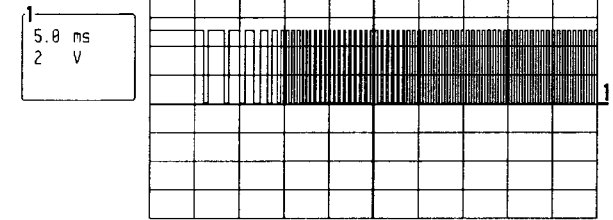
그림 8은 본 논문에서 개발된 시스템의 주행모터의 속도제어를 위한 실험 결과로 그림 8(a)는 속도파형을 나타내고, 그림 8(b)는 주행모터 제어의 PWM 신호파형을 나타낸다. 그림 8(a)에서 보는 것처럼 시뮬레이션과 마찬가지로 0.25[sec]의 빠른 응답시간을 가짐을 알 수 있다.

9-May-04
23:24:17



(a) 속도 파형

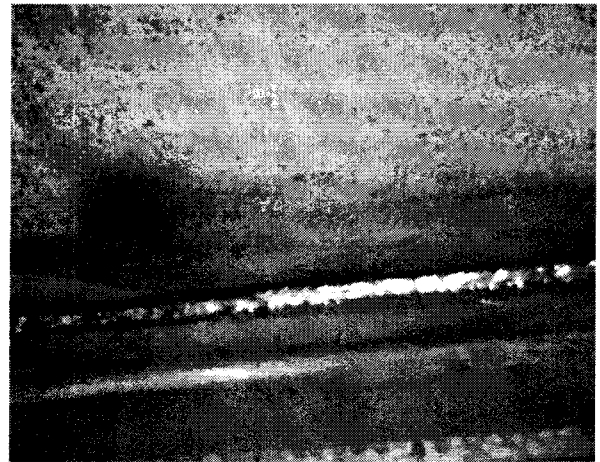
9-May-04
23:26:35



(b) PWM 신호

그림 8 DC 속도 제어의 실험 파형

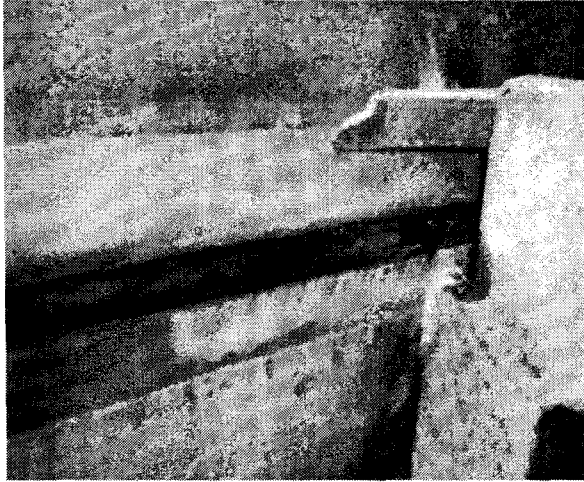
그림 9는 본 논문에서 개발된 시스템의 각 용접 조건별 비드 형성 결과를 나타낸다.



(a) 용접 전압 20V, 전류 200mA의 경우 비드 형성



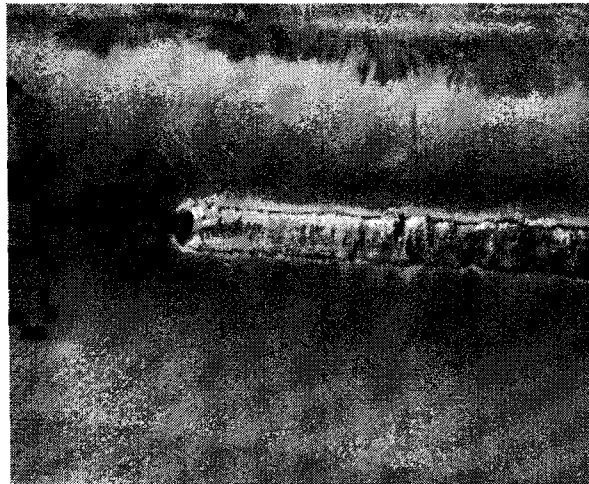
(b) 용접 전압 25V, 전류 250mA의 경우 비드 형성



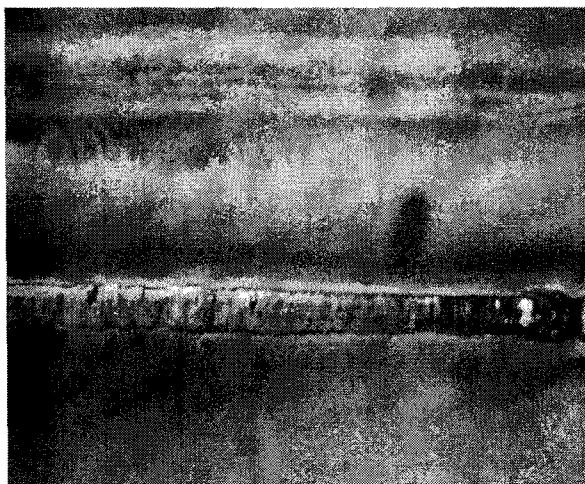
(c) 용접 전압 30V, 전류 300mA의 경우 비드 형성



(f) 용접 전압 40V, 전류 450mA의 경우 비드 형성
그림 9 각 용접 파라미터에서의 실제 용접 비드 형성



(d) 용접 전압 35V, 전류 400mA의 경우 비드 형성



(e) 용접 전압 40V, 전류 400mA의 경우 비드 형성

4. 결 론

본 논문에서는 자동 용접 시스템의 용접선의 변화에 대한 용접선 자동추적 데이터 전송을 RF 무선통신기술을 적용하여 작업 제어 거리의 제한을 극복하고, 정확한 제어 신호의 송·수신을 실행하였다. 또한 작업로봇의 용접 조건을 무선 통신을 통해 Microprocessor에 전달하여 디스플레이에 의한 상태확인 기술을 개발함으로써 보다 정확하고 속용성이 뛰어난 자동용접 Carriage를 개발하였다. 본 논문에서 개발된 시스템의 기대효과는 다음과 같다. 첫째, 상태확인 시스템 개발에 따른 용접조건인 신뢰성과 기술력을 확보할 수 있었다. 둘째, 무선통신에 의한 디지털 자동용접기의 컨트롤러 개발 기술력을 확보할 수 있었다. 셋째, 워빙모터 및 주행모터의 컨트롤러의 개발 기술력을 확보할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김진덕, "로봇용접공학", 원창출판사, 2002
- [2] 문현준 외 2인, "다층 자동용접을 위한 아크센서 시스템의 개발에 관한 연구", 대한용접학회, 1994
- [3] 한일욱 외 2인, "고속 Fillet 자동용접용 Flux Cored Wire 개발을 위한 기초 연구", 대한용접학회, 1997
- [4] S.K. Choi, C.D. Yoo and Y.-S. Kim, "Dynamic simulation of metal transfer in GMAW, Part 1: Globular and spray transfer modes", Welding Journal - Including Welding Research Supplement, Vol. 77, No. 1, P. 38 - 44, 1998
- [5] 김희진, 강봉용, 이강희, 유중돈, "CO2 용접의 단락이행 조건에서 스파터 발생과 파형인자와의 관계", 대한용접학회지, Vol. 16, No. 3, P. 95 - 101, 1998
- [6] 조상명 외 2인, "아크 스타트 전압 측정이 가능한 TIG용접 모니터링 시스템의 개발", 대한용접학회, 2003
- [7] 노인배 외 5인, "패널 PC를 이용한 자동 용접 시스템의 개발에 관한 연구", 대한전기학회지, Vol. 53P, No.4, 2004