

CO2 용접용 다기능 제어모듈의 개발에 관한 연구

김동완\*, 박지호\*, 박성원\*\*, 정동일\*\*  
 \*동명대학, \*\* (주)보강하이텍, \*\*\*동의공고

A Study on Development of Multi-functional Control Module for CO2 Welding

D.W.Kim\*, J.H.Park\*, S.W.Park\*\*, D.I.Jung\*\*\*

\*Tongmyong College, \*\*BoGang Hi-Tech, \*\*\*Donggeui Technical High School

**Abstract** - In this paper, a multi-functional control module is developed to improve the confidence of CO2 welding. In the developed system, a main controller of an automatic welding system including of I/O port is modulated by microprocessor. The developed multi-functional control module is familiarized to the conventional automatic welding system. Therefore, the confidence of CO2 welding is improved when the main controller of an automatic welding system is broken down.

1. 서 론

현재 국내 자동 용접시스템 생산업체에서 생산중인 CO2 자동 용접 시스템은 수직상승 다기능 자동 용접 시스템, 연·단속 자동 용접 시스템, 메모리기능을 가진 다기능 자동 용접 시스템, 파이프 자동 용접 시스템 등 각각의 특성에 따른 다수의 시스템들이 생산되고 있다. 이러한 자동 용접 시스템은 작업 현장 상황에 따라 그 특성에 맞는 용접 제어 보드를 선택하여 사용하여야 하며, 제조업체의 경우에도 각각의 특성화된 기능의 용접 제어 보드를 맞춤 형태로 제작하여야만 하므로 제작비 및 유지·보수비의 비중이 커지게 된다. 뿐만 아니라, 작업 현장의 용접 환경 및 조건의 변화에 따라 동일한 기능(수직 상승용 용접 시스템, 연/단속 자동 용접 시스템, 다기능 자동 용접시스템, 파이프 자동 용접 시스템 등)의 자동 용접 제어 보드를 적용하기 어려운 문제점이 있다. 이러한 경우, 변화하는 작업환경에 적용할 수 있는 시스템을 제공하기 위해서는 해당 작업장의 환경에 맞는 맞춤형 용접 제어 보드가 제작되어야 하고, 제어 보드의 입출력 조건 역시 조절되어야 한다. 또한, 맞춤형태의 용접 제어 보드가 공급되어 진다고 하더라도 변화하는 외란에 대한 시스템의 오동작에 대한 대비가 미비한 실정이다. 결과적으로 자동 용접 시스템의 제어 보드의 결함이 발생하였을 경우, 용접 시스템 결함의 진단 및 수리를 위해서 생산업체의 전문 기술자 방문이 필수적이다. 이와 같이 제품의 유지·보수에 대한 부대경비 및 작업의 공백기가 발생하게 된다. 따라서, 제품의 유지·보수 부분에서 발생하던 부대 경비의 발생을 억제시키고, 전문 기술자의 확보가 없더라도 단순한 부품의 교체형태로 작업의 연속성을 확보할 수 있는 제어 보드의 모듈화와 성능향상이 절실히 필요한 실정이다. 국외의 경우, 산업 자동화 및 용접 환경의 다양화에 따른 대부분의 용접기들이 데이터를 저장하거나 용접재료에 따른 조건의 저장 등 디지털화 추세에 일반화가 진행되고 있으며 그에 대한 기술 개발이 활발히 진행되고 있는 실정이다. 뿐만 아니

라 이러한 디지털 자동 용접 기술에 있어서 고속 아크 용접, 레이저 용접 응용, 저항 용접의 고급화 및 고속화 되면서 고속·정밀화를 위한 디지털 제어보드의 성능 향상 역시 활발하게 진행되고 있다. 또한 디지털 자동 용접 생산 정보의 네트워크화를 통한 현장의 관리 인원 감축과 무인 공장으로서의 진전을 추진하고 있다. 그러나, 이러한 국외 선진 기술 개발 분야에서도 메인 제어 컨트롤러가 기능별로 윈 보드화 되어있는 실정이며, 부품 교환식 제어 모듈에 대한 성능 향상은 사실상 수행되지 않고 있는 실정이다. 한편, 소형 CO2 자동 용접의 국내 기반 기술을 주도하고 있는 자동 용접 시스템 분야의 국내 업체의 대부분은 주로 한 개의 기능별 시스템에 대하여 윈 보드 형태를 벗어나지 못한 실정이다. 점진적으로 몇몇 업체들을 통해 디지털 자동 용접 시스템의 개발 및 시판이 이루어지고 있는 상황이지만 그 범위는 아직까지 국부적이며, 하나의 시스템이 구축될 경우 제어 패널 및 조작 기능별 프로그램이 고정되어 버린다. 따라서, 이러한 제어 보드의 문제점에 따라 발생하는 생산 현장의 문제점을 보완하고, 용접 작업의 신뢰성과 효율성을 증대시키기 위해서 다기능 자동 용접 제어 모듈의 성능을 향상시켜야 한다.

이를 위해서 본 논문에서는 기존의 자동 용접 조작 패널부의 기본 입출력 포트를 확장시킨 메인 보드에 마이컴을 이용한 제어부를 모듈화하고, 입/출력 기능에 대한 성능을 향상시키고, 탈·부착이 가능하게 함으로써 작업의 연속성을 확보하고자 한다. 또한, 제어 보드에서 기본 입출력 포트의 결선을 재배치함으로써 모듈화 제어부와 기존 자동 용접 시스템의 제어 패널과의 호환성을 유지할 수가 있다. 즉, 기존 설치된 제어 보드에 모듈화된 마이컴 제어부를 부착하더라도 제어 컨트롤러 보드의 입출력 포트의 결선 재배치를 통해 다른 기능의 용접 시스템에 적용 가능하다는 장점을 가지게 된다. 따라서, 자동 용접 시스템 메인 컨트롤러 고장시, 마이컴 제어 모듈화로 인해 부품 교체 방식이 가능하며, 전문가가 아니라 하더라도 문제점을 바로 해결을 할 수 있으며 용접 작업의 연속성과 제품에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다. 결론적으로 본 논문에서 개발된 CO2 용접 다기능 제어 모듈은 제품에 대한 성능향상 뿐만 아니라, 용접의 신뢰성과 생산성 향상 및 효율성을 향상시킬 수 있을 것으로 예상되며, 제품 유지·보수에 있어서 전문 기술자 양성 및 확보가 필요 없으므로 제품의 생산 단가가 기존의 제품보다 훨씬 저감될 수 있다. 또한, 고장으로 인해 컨트롤러부 교체가 이루어 질 경우에도 전체 메인 컨트롤러를 교체하는 것이 아니라 모듈화 된 마이컴 제어부만 부품 교체 방식으로 교환됨으로 보수비가 훨씬 감소하게 될 것으로 예상되어 중공업관련 생산 기업이나 자동용접

시스템 공급 업체의 양자 측면에서 비용 절감이라는 경제적 효율성을 가지게 될 것이다.

## 2. 시스템 구성

### 2.1 기존의 방식

일반적인 CO2 자동 용접 시스템은 연·단속 자동 용접 시스템, 수직상승 자동 용접 시스템, 메모리기능을 가진 다기능 자동 용접 시스템, 파이프/노즐 자동 용접 시스템 등이 있다. 이러한 자동 용접 시스템은 용접환경 및 조건에 따라 각각의 특성에 맞는 기능을 가진 제어 보드를 선택하여 사용하여야 한다. 이와 같이 용접 시스템의 구동을 위한 제어 부분의 고장 및 이상 현상이 발생하였을 경우, 기존의 제어 보드의 경우 그림 1과 같은 절차를 통해 제품의 유지·보수가 이루어지는 것이 일반적이다. 이에 따라, 산업 현장에서 작업 중인 자동 용접 시스템에 이상 및 고장이 발생하였을 경우에는 다음과 같은 문제점을 야기하게 된다.

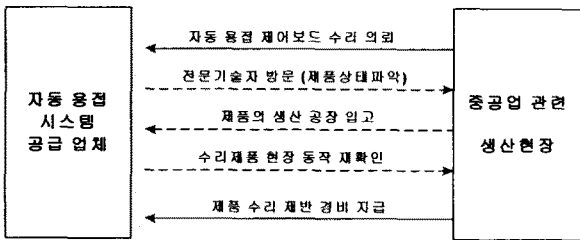


그림 1 기존의 제품 수리 및 보수 처리 현황

먼저 제어 보드의 문제점은 다음과 같다.

첫째, 작업장 주변에서 발생하는 분진에 의한 제어 보드의 고장.

둘째, 작업장 주변의 온도 및 습도에 의한 제어 보드 오동작.

셋째, 순간적인 바람이나 강풍 등에 의한 용접점의 온도 변화.

넷째, 시스템 바디의 설치 위치에 따른 중력 영향으로 토치와 용접점의 간극 이탈.

다섯째, 용접 작업시 발생하는 아크에 의한 노이즈 발생으로 제어 신호의 오류 등

다음으로 생산현장의 문제점은 다음과 같다.

첫째, 생산 라인에서 용접 시스템 여분의 기기를 보유하지 못하였을 경우에는 기존의 시스템을 보수하여 동작시킬 때까지 작업이 중단되어 제품 생산 수주 및 공급에 차질이 발생한다.

둘째, 시스템의 보수를 위해서는 제품 생산 업체의 전문 기술자 방문이 필수적이다. 이러한 전문 A/S 방문 형태는 기기의 단순 A/S 보다 경비가 추가로 발생하게 되는데, 이러한 부분에서 제품 생산 단가의 증가를 초래하게 된다.

셋째, 기존의 자동 용접 시스템의 메인 컨트롤러부의 이상이 발생하였을 경우에 제어부의 교체가 거의 대부분인 실정이므로 제품의 보수비가 매우 비싸다는 단점을 가지고 있다.

### 2.2 제안된 방식

본 논문에서는 용접 시스템의 신뢰성과 효율성 및 생산성을 증대시키기 위해서 CO2 용접 다기능 제어 보드의 성능을 향상시키고자 한다. 이를 위하여 기존 자동 용접 조작 패널부 메인 보드에 마이컴(ATMega103)을

이용하여 제어부를 모듈화 하여 성능향상 및 탈·부착 가능하며, 모듈화된 마이컴 제어부(ATMega103 Module)와 기존 자동 용접 시스템의 제어 보드(Control Board)와의 호환성 확보한다. 또한, 용도에 따라 마이컴 제어부 교체를 통한 필요한 환경의 용접을 수행하는 다기능 제어 가능한 CO2 용접 다기능 제어 보드를 개발한다. 표 1은 본 논문에서 개발된 시스템의 입/출력 조건을 나타낸다. 이러한 제어 모듈의 성능향상이 이루어질 경우, 생산 현장에 사용되어지고 있는 자동 용접 시스템에 문제가 발생하게 되더라도 그림 2와 같은 절차만으로 제품의 유지·보수가 가능하게 되어 제품 생산 비용의 상당 부분을 절감시킬 수 있으므로 제품의 신뢰성과 성능향상에 따른 생산성을 높이는데 기여할 것으로 예상된다.

표 1 모듈형 제어부가 부착된 용접 제어 모듈의 입/출력 조건

구분		범위
위빙폭		30 mm ~ 50 mm
중심이동		30 mm
최대 허용 용접 전류값		600 A
최대 허용 용접 전압값		60 A
위빙/주행 모터부	주행 모터 속도	990 rpm
	위빙 모터 속도	990 rpm
위빙/주행 모터 멈춤 시간		2초 이내
용접 모드		-, N, P, V, M

그림 3은 중공업/조선 및 산업 기기의 자동화 분야에서 적용되는 자동 용접 시스템의 성능향상을 위하여 본 논문에서 제안하는 CO2 용접 다기능 제어 모듈의 구성도를 나타낸다.

본 논문에서 개발된 시스템의 핵심·요소기술은 다음과 같다.

#### (1) 다기능 용접 제어부 모듈 성능 향상

- 마이크로프로세서 및 제어 부가회로의 모듈화.  
: 마이크로프로세서와 각종 초소형 IC소자를 이용하여 각 기능에 맞는 제어 회로를 설계하여 모듈화 시킴.

- 마이컴 제어 회로의 물딩 기법으로 인한 노이즈 차폐.

: 각 기능별 용접 시스템의 모듈화된 제어부의 물딩 기법으로 외부 노이즈 및 용접시 발생하는 아크 노이즈에 대한 차폐효과.

- 소켓 방식의 제어 입출력 포트 확장.

: 모듈화된 제어부는 소켓 방식으로 메인 보드에 장착이 되며, 특성화된 제어 모듈의 포트들은 메인 보드에 확장되어 있는 입출력 소켓 핀들의 재배치를 통해 쉽게 다른 용도의 자동 용접 시스템으로 전환·적용이 가능하다.

- 마이컴 방식의 다기능 용접 입/출력 제어 알고리즘 성능향상.

: ATMega103 프로세서에 의한 입력 제어 기술 및 모터제어 알고리즘의 성능향상에 따른 용접 기능 제어 신호의 신뢰성 및 효율성을 향상.

#### (2) 기존 자동 용접 제어 시스템(보드)의 호환성 구축.

- 부착된 마이크로 프로세서(ATMega103) 모듈

형 제어부와 메인 보드의 입출력 포트 확장 및 출력 결선의 재배치 용의.

- 현재 생산중인 자동 용접 시스템의 다원화된 제어부의 일체화.
  - : 비용과 인력 및 시간의 손실 저감.
- 프로그램 및 시스템 기능의 확장 기능.
  - : 성능 향상된 모듈형 제어부를 사용하여 새로운 시스템의 추가 없이 수요자의 요구에 부합되는 기능을 탈·부착 방식을 통해 간단히 수행.

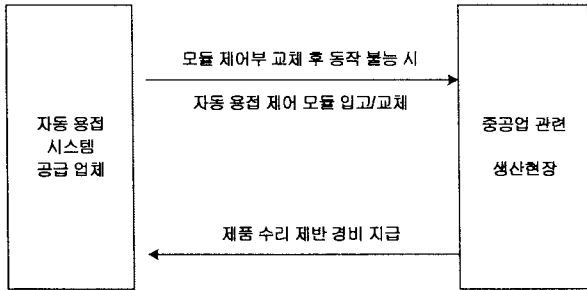


그림 2 제안된 모듈형 제어 시스템의 수리 및 보수 처리 현황

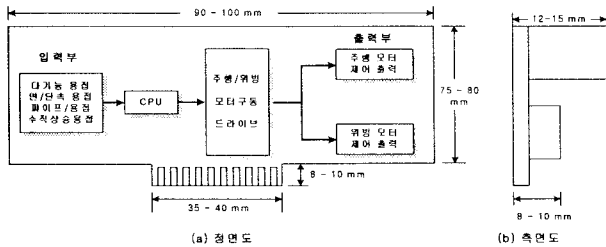


그림 3 CO2 용접 다기능 제어 모듈 구성도

### 2.3 고장원인 분석 및 해결방법

먼저 필드(현장) 적용에 있어서의 고장원인 분석은 다음과 같다.

- 작업장 주변에서 발생하게 되는 분진에 의한 제어 보드의 고장.
- 작업장 주변의 온도 및 습도, 염분 등에 의한 제어 보드의 오동작.
- 순간적인 바람이나 강풍 등 용접점의 온도 변화에 따른 제어 보드의 오동작.
- 시스템 바디의 설치 위치에 따른 중력 영향으로 토치와 용접점의 간극 이탈.
- 용접 작업시 발생하는 아크에 의한 노이즈 발생으로 시스템의 제어 신호의 오류.

다음으로 마이컴 제어 모듈의 고장원인 분석은 다음과 같다.

- 아날로그 입력 신호의 오차.
- 모듈형 제어부 소켓 점접 이상유무 분석.
- 제어 보드 모터 구동 드라이브부 온도상승에 대한 분석.
- 기계적 방식의 weaving motor 동작조건 설정에 따른 고장원인 분석.
- Open loop 제어와 페루프 제어와의 출력 현상 분석. (피드백 과정을 통한 시스템 DB화 오차율 : ± 2% 이내)
- 모듈형 제어부 펄스 출력에 대한 interface 동작환경에 관한 분석.

고장원인의 해결방안은 다음과 같다.

- 입/출력 신호의 알고리즘 성능향상.
  - 모듈형 제어부의 몰딩화로 인해 필드 적용에서 발생하는 분진, 온도 및 습도의 변화, 바람의 영향, 아크에 의한 노이즈 발생에 대한 문제점을 해결.
  - 외란 입력 요소에 대한 속응 알고리즘 성능향상.
  - 위빙/주행 모터 입력 수신부 및 제어신호 송신부 인터페이싱 기법 보완.
  - 인터페이스 회로에 의한 위빙/주행 모터의 토크 특성 알고리즘 성능향상.
  - 디지털 제어 입력에 대한 위빙/주행 모터 가감속 알고리즘 성능향상.
  - 제어 신호 인터페이스에 의한 위빙/주행 모터 정속도·정위치 제어 알고리즘 성능향상.
  - 제어 입력 값에 대한 위빙/주행 모터 제어 알고리즘 성능향상.
  - 마이컴(ATMega103)을 이용한 다기능 제어 보드 모듈화(몰딩).
    - : 소켓방식의 탈·부착 기능(비전문가 수리 가능).
  - 아날로그/디지털 입출력 신호의 성능 개선.
    - : 입력신호의 적분회로에 의한 외란 억제.
    - : 모터 구동 출력신호의 효율 개선을 위한 알고리즘 성능 개선.
  - 제어 모듈의 이상 발생시 소켓방식의 모듈의 교체에 따른 성능 개선.
    - : 시간 및 유지/보수비가 감소.
    - : 전문기술자 불필요(경비 절감).
    - : 작업의 연속성 확보.
    - : 생산 제품의 신뢰성 및 생산성 향상.
- 또한, 기존 제어 모듈의 문제점 보완을 위한 방안은 다음과 같다.
- 필드 적용에서 발생하는 분진, 온도 및 습도의 변화, 바람의 영향, 아크에 의한 오동작 발생.
    - : 제어부의 몰딩화.
  - 제어 모듈의 오동작에 따른 작업의 공정의 차질과 제품의 신뢰성 문제.
    - : 소켓방식 제어 모듈의 탈부착 기능으로 현장에서 바로 교체.
  - 아날로그/디지털 입·출력 신호의 오동작 문제.
    - : 소켓 방식과 입·출력 신호의 알고리즘 보완을 통한 신호의 속응성 향상.
  - 입·출력 신호의 노이즈 문제.
    - : H/W와 S/W의 적분회로 구성에 따른 노이즈 억제 알고리즘 개선.
  - 위빙/주행 모터의 입력 신호와 출력 제어 신호의 개선.
    - : 인터페이싱 기법 보완, 모터 출력 신호의 알고리즘 성능 향상.

### 3. 실험결과

그림 4는 기존의 CO2 용접 제어 컨트롤러 보드와 본문에서 개발된 CO2 용접용 다기능 제어 모듈을 나타낸다. 그림 4에서와 같이 기존의 복잡한 결선의 메인 보드를 모듈화시켜 간단한 조작방법으로도 비전문가가 점검 및 교체를 가능하게 할 수 있다. 이러한 모듈별 제어 보드는 마이크로프로세서를 중심으로 각각의 I/O 포트와 연결된 단자로부터 입력된 프로그램에 의해 자동 용접 시스템의 주행 및 위빙 모터를 제어하는 DC 모터 드라이버를 각각 1개씩 내장하고 있으며, 모터 드라이브의 출력부는 외부 확장 소켓으로 연결되어 자동 용접 시

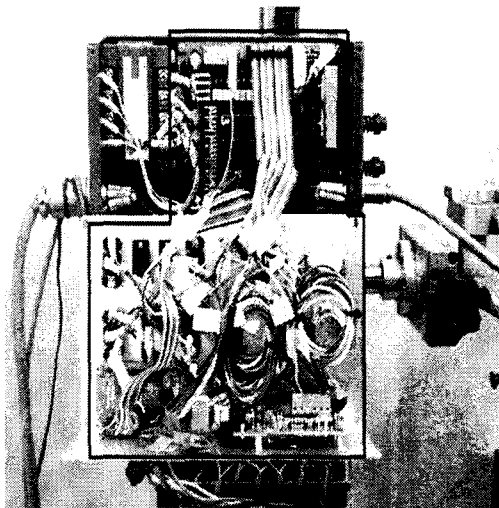
템의 컨트롤러 메인 보드와 기계적으로 연결이 된다. 뿐만 아니라, 실제 모터 구동의 정확한 제어 신호 전달을 위해 마이크로프로세서 출력 신호를 포토커플러를 통해 증폭시켜 사용하였고, 마이컴으로부터 제어 프로그램 직접 전송을 위한 ISP 단자를 부착시켰다.

그림 5는 마이크로프로세서(ATMega128)을 이용한 제어 모듈 전체 회로도를 나타낸다. 그림 5의 개발된 CO2 용접용 다기능 제어 모듈은 마이크로프로세서부, 모터 구동회로부, 외부 입/출력 회로부 등으로 구성되어 있다.

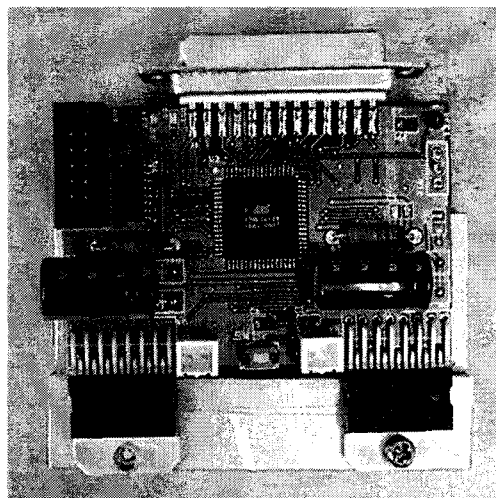
그림 6은 CO2 용접용 다기능 제어 모듈 DC 모터 구동 드라이브 회로부를 나타낸다.

그림 7은 CO2 용접용 다기능 제어 모듈 마이크로프로세서부를 나타낸다.

그림 8은 CO2 용접용 다기능 제어 모듈 외부 입/출력 회로부를 나타낸다.



(a) 기존의 자동 용접 컨트롤러 보드  
(150mm×100mm×20mm)



(b) 개발된 다기능 제어 모듈  
(75mm×45mm×12mm)  
그림 4 CO2 자동 용접 제어 보드

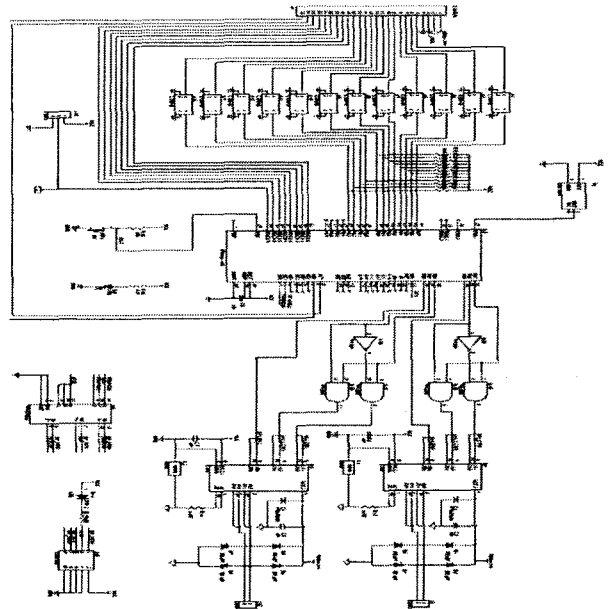


그림 5 CO2 용접용 다기능 제어 모듈 회로도

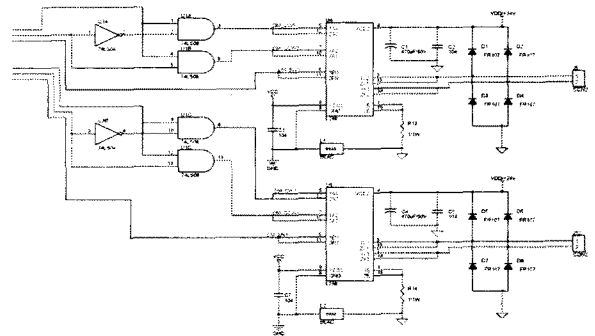


그림 6 CO2 용접용 다기능 제어 모듈 DC 모터 구동 드라이브 회로부

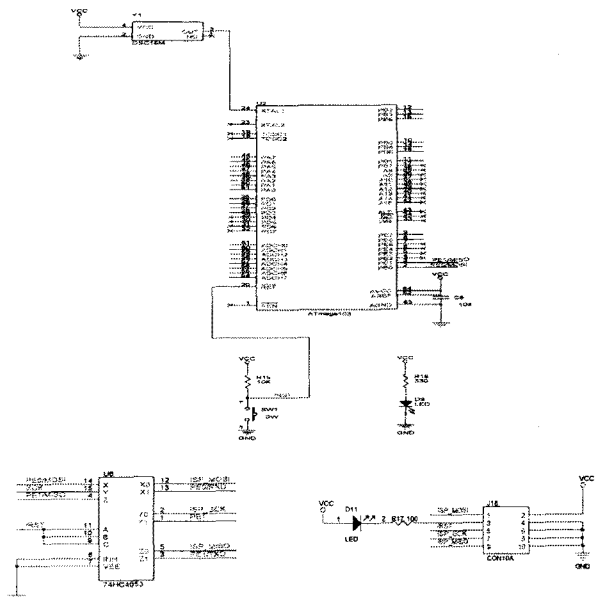


그림 7 CO2 용접용 다기능 제어 모듈 마이크로프로세서부

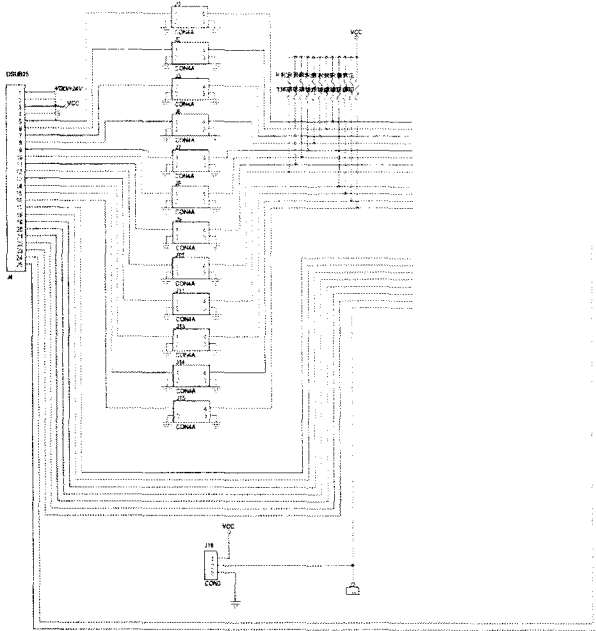
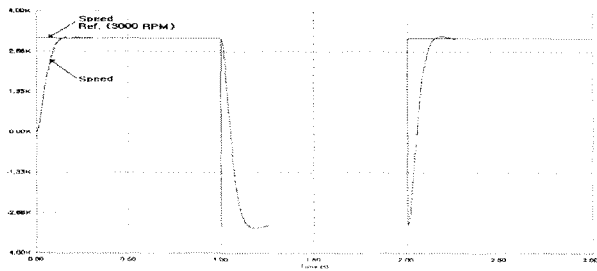
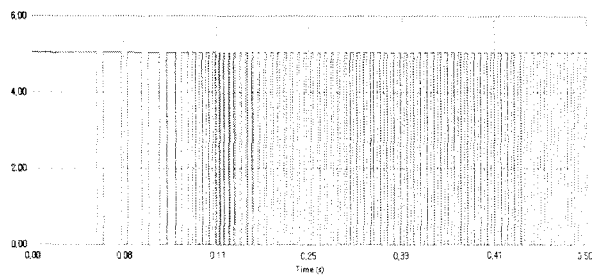


그림 8 CO2 용접용 다기능 제어 모듈 외부 입/출력 회로부

그림 9는 본 논문에서 개발된 시스템의 주행모터의 속도제어를 위한 시뮬레이션 결과로 그림 9(a)는 속도파형을 나타내고, 그림 9(b)는 주행모터 제어의 PWM 신호 파형을 나타낸다. 그림 9(a)에서 보는 것처럼 0.25[sec]의 빠른 응답시간을 가짐을 알 수 있다.



(a) 속도 파형

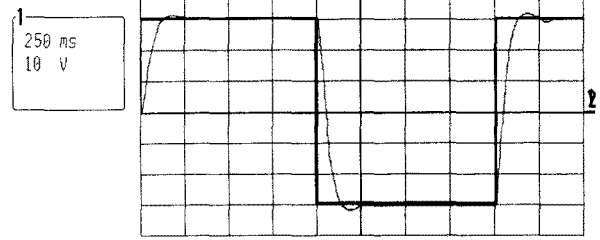


(b) PWM 신호

그림 9 DC 속도 제어의 시뮬레이션 결과

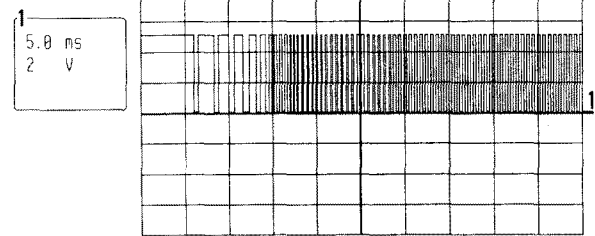
그림 10은 본 논문에서 개발된 시스템의 주행모터의 속도제어를 위한 실험 결과로 그림 10(a)는 속도파형을 나타내고, 그림 10(b)는 주행모터 제어의 PWM 신호파형을 나타낸다. 그림 10(a)에서 보는 것처럼 시뮬레이션과 마찬가지로 0.25[sec]의 빠른 응답시간을 가짐을 알 수 있다.

9-May-04  
23:24:17



(a) 속도 파형

9-May-04  
23:26:35



(b) PWM 신호

그림 10 DC 속도 제어의 실험 파형

그림 11은 본 논문에서 개발된 시스템을 적용한 실제 용접작업을 나타낸다.

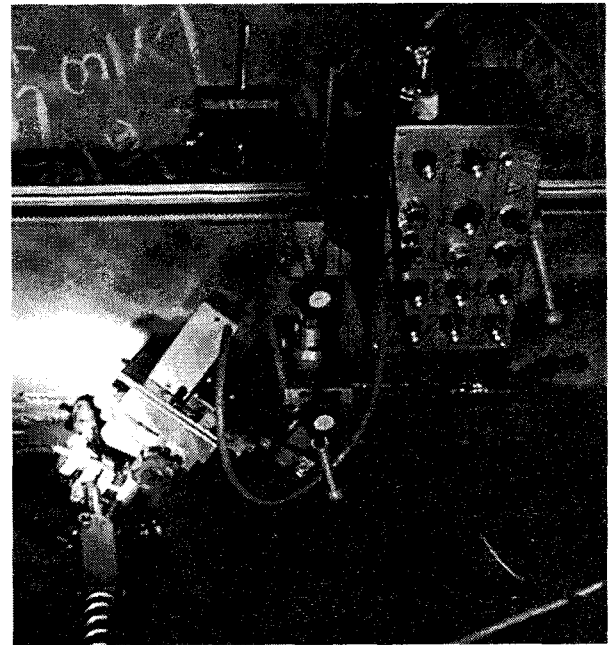


그림 11 실제 용접작업

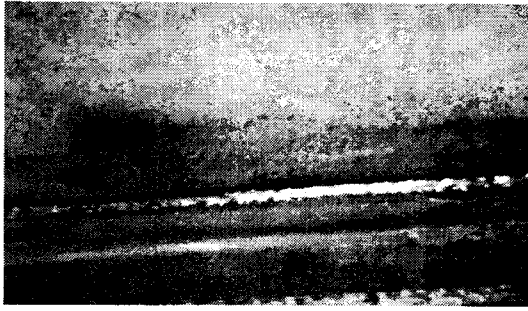
그림 12는 본 논문에서 개발된 시스템의 각 용접 조건별 비드 형성 결과를 나타낸다.

#### 4. 결 론

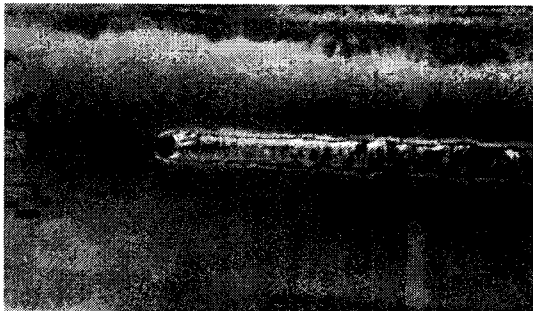
본 논문에서는 용접 작업의 신뢰성과 효율성을 증대시키기 위해서 CO2 용접용 다기능 제어 모듈을 개발하였다. 개발된 시스템은 기존의 자동 용접 조작 패널부의 메인 보드에 마이컴(ATMega128)을 이용한 제어부를 모듈화하여 소켓식 탈·부착이 가능하게 함으로써 비전문 기술자라 하더라도 시스템의 오동작 발생시 간단한 조작으로 작업의 연속성을 확보할 수 있도록 하였다. 본 논문에서 개발된 시스템의 기대효과는 다음과 같다. 첫째, 마이크로프로세서에 의한 제어 모듈의 성능 향상과 시스템의 신뢰성 및 안정성을 확보할 수 있었다. 둘째, 모듈별 제어방식을 통한 현장 적용형 워빙 및 주행 모터의 컨트롤러 성능 향상 기술력을 확보할 수 있었다. 셋째, 탈·부착식 모듈별 제어기 성능향상에 의한 시스템의 폭넓은 호환성 확보 및 유지·보수를 용이하게 하였다.

#### [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



(a) 용접 전압 20V, 전류 200mA의 경우 비드 형성



(b) 용접조건 변화시 비드 형성  
(용접 전압 30V, 전류 300mA →  
용접 전압 35V, 전류 400mA)



(c) 용접 전압 40V, 전류 450mA의 경우 비드 형성

그림 12 각 용접 파라메타에서의 실제 용접 비드 형성

그림 13은 용접 전압 40V, 전류 450mA에서 본 논문에서 개발된 시스템을 이용한 선박 하부 취부용접 결과를 나타낸다.

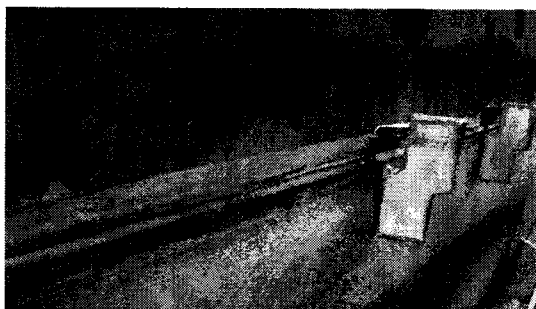


그림 13 선박 하부 취부용접 결과(용접 전압 40V, 전류 450mA)