

特輯 : 용접 전원 시스템의 개발 동향

고출력 레이저 용접 시스템 제어기술

The Technology of Laser Welding System Controller

김도열·최홍근·유석준·이승태

Do Youl Kim, Heung Geun Choi, Seog Joon Yoo and Seung Tae Lee



김도열/하나기술(주)/
1958년생/레이저시스
템설계 및 응용기술개
발에 관심



최홍근/하나기술(주)/
1959년생/레이저시스
템용 전원 장치 개발



유석준/하나기술(주)/
1965년생/가공장치용
구동 시스템 개발



이승태/하나기술(주)/
1965년생/제어 알고리
즘 및 hard ware 개발

1. 개요

1.1 레이저 용접의 특징

고밀도 에너지를 열원으로 이용하는 고출력 레이저로는 CO₂레이저와 Nd:YAG 레이저가 있다. 레이저는 열가공임에도 불구하고 빔의 스폿경을 작게하여 높은 에너지 밀도(10⁶ W/cm² 이상)을 얻을 수 있으므로 열영향이 작고 작은 변형범위내에서 용접을 할 수 있고 입력 에너지의 제어성이 좋아서 미세한 용접이 가능하다. 또한 높은 에너지 밀도는 고속 용접을 가능하게 하고, 빔폭 대비 용입깊이가 커서 깊은 용접 비드가 형성되며, 자동화가 용이하다는 장점이 있다. 특히 Nd:YAG 레이저의 경우는 광 섬유를 이용함으로써 에너지의 시간 분할 및 에너지 분할을 할 수 있는 등 분기 및

배치가 용이하며 펄스의 활용을 극대화 할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 결점으로도 맞대기 용접의 경우 갭의 여유가 판두께, 초점위치, 빔모드에 따라 변화하는데 이는 빔 스폿이 작음에 따른 장점이 단점으로 작용하는 경우이다. 레이저 용접부의 비드 폭이 좁기 때문에 인장강도가 모재의 인장강도보다 밀도는 것도 겹쳐서 용접된 이음 부분의 인장강도에 있어서 단점이 되고 있다.

1.2 용접에 사용되는 레이저

CO₂ 레이저는 레이저 출력이 주로 1.5 kW부터 3 kW 까지가 용접에 사용되고 있으며, 철강산업을 중심으로 45kW 급의 대용량 CO₂ 레이저가 사용되기도 한다. 그러나 일반적인 산업의 현장에서는 레이저의 안정성과 유지보수 등의 문제를 고려하여 3 - 5 kW 급 CO₂ 레이저를 사용하고 있다. 수년

전까지만 해도 3kW 이상에서는 횡류형 (transverse excited) CO₂ 레이저를 사용하던 것이 펄스 특성 및 유지보수 용이성, 시스템의 안정성 등의 이유로 고속축류형 (fast axial)의 사용이 일반화 되고 있다. 특히 수년전까지 가급적 큰 출력의 CO₂ 레이저를 용접에 적용해 오던 것이 적정 출력의 레이저를 사용하는 경향으로 되어가고 있다. Nd:YAG 레이저의 용접에 활용되는 경우는 50W (25 - 50 J/P)급 레이저의 응용범위와 150W-1kW 평균출력의 펄스 레이저에 의한 스폿 및 심 용접의 응용이 있다. 최근에는 연속출력의 1-2kW급 레이저가 상품화되면서 자동차, 항공우주, 원자력 등

에 CW/kW 급 Nd:YAG 레이저의 활용이 증가하고 있는 추세이다. 이 Nd:YAG 레이저는 펄스나 연속출력을 내기 위하여 하나 또는 그이상의 증폭기를 사용하여 약 4000 W 까지 출력을 높일 수 있다. 고출력 Nd:YAG 레이저의 유용성은 광화이버를 사용하는 빔전송계의 유연성과 CO₂ 레이저에 비하여 유지보수가 작다는 점, 워밍업 시간이 작다는 점에 있다. 그러나 고출력 Nd:YAG 레이저의 단점으로는 전기적 효율이 낮다는 점과, 눈에 안전하지 못하기 때문에 가공시스템을 감싸야 한다는 데에 있다. 지금의 고출력 Nd:YAG 레이저의 출현으로 고출력으로서의 고유 영역을 가지고 있던 CO₂ 레

표 1. 레이저 용접의 응용 예

산업 가공법	세계적 응용 영역	한국 내 응용	비고
산업기계 공작기계 공구	다이아몬드 톱날 톱날 체인	다이아몬드 톱날	
전기기계 가전, 조명	피복구리선		
전자공업 IC 통신	브라운관, 전자금속 리튬전지, IC 리이드 케이스 제전기 납전지, 전주	브라운관	
정밀기계 시계 전공	전지케이스 베를스		전지케이스 검토중
자동차 몸체 엔진 주변	클리치, 차체, 차문 상체, 베어링 리테이너, 커버 기어핀, 에어백	클리치	에어백 적용 검토중
조선, 중기 기관차 엔진	압력용기, 선체		
의료,약품	앰플		치아교정와이어 시험중
항공기	AL 합금 단열중 Ceramic Powder		
광요업 에너지	뇌관 원자력 연료막대		원자력 응용 연구중
철강	박판코일 규소강판	시험 적용중	
기타	커피파울게이터 볼펜캐터리지		

이저의 영역이 잠식 당하고 있다.

1.3 산업에의 적용 현황

레이저 용접의 산업에의 적용은 표 1과 같다. 이 중에서 한국내 산업의 응용은 그 활용정도가 저조한 형편이다. 그러나 부품 산업의 국가적 발전 계획과 더불어 전자, 자동차 산업을 중심으로 활발해지리라 예상된다. 우리나라의 경우 현재까지는 금속 박판의 절단이 대표적인 레이저 가공 영역이며, 용접은 saw blade(다이아몬드 톱) 용접, 자동차용 clutch 등에 초보적인 적용단계에 불과하다. 그러나 자동차 및 전자 산업의 연구기관과 국책연구소등에서 활발하게 적용 연구를 하고 있으므로 그 전망은 밝다 하겠다. Nd:YAG 레이저의 경우 평균 출력 50 - 100W 급의 작출출력 YAG 레이저의 사용이 전자부품 가공을 중심으로 커져서 생산라인에 가장 유용한 생산시스템의 일부가 되어 가고 있다. 특히 의화학전자산업, 리튬 전지, TV 전자총 용접, 고안전성을 요구하는 군사적 전자부품, 통신전자 부품 등의 용접은 레이저를 사용하는 매우 성공적인 분야이다. 고출력 연속 발진 Nd:YAG 레이저가 출현 함에 따라서 자동차 산업에 있어서도 그 응용이 활발하게 추진되고 있다.

2. 용접 시스템의 제어

2.1 레이저빔 용접시스템 제어 장치

여기에서 다루고자 하는 제어장치는 레이저빔 용접시스템을 구성하는 각각의 요소들을 전기적으로 결합하여 시스템의 총괄적인 운영을 담당하는 부분을 말한다(그림 1). 레이저빔 용접시스템의 제어장치를 하드웨어와 소프트웨어적인 요소로 구분한다면 하드웨어는 제어장치를 구성하는 전기, 전자 부품 및 외장 케이스등 구체적인 실물을 의미하며, 소프트웨어는 이러한 하드웨어를 제어하는 PLC 프로그램, 가공 프로그램 및 각종 파라미터 등을 의미한다. 특히 레이저 발전기의 경우에도 독립적인 제어장치를 갖추고 있기 때문에 본 내용에서는 이를 구분하기 위하여 특별한 언급이 없을 경우에는 제어장치의 개념을 레이저빔 용접시스템

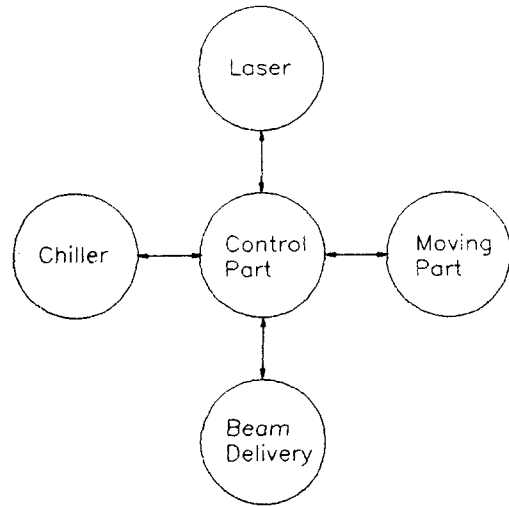


그림 1. 레이저 빔 용접 시스템의 구성

의 제어장치에 두고자 한다. 시스템의 설계, 제작에 있어서는 제어장치 부분이 최종적으로 이루어지는 것이 보통이며 레이저빔 용접시스템의 경우에도 적용된다. 용접하려는 대상에 따라서 레이저 발전기의 사양 및 빔 전송부의 사양이 결정되며, 용접 공정 및 재료의 형태 등을 고려하여 기계 구동부의 구동 메카니즘 및 구조물 설계에 임하게 된다. 제어장치의 설계, 제작 시에 사양 결정에 크게 영향을 주는 요소가 두 가지 있다. 첫째는 레이저 발전기이다. 레이저 가공 시스템에서 레이저 발전기가 단독으로 운전하는 경우는 거의 없으며 외부 제어장치에 의한 동작이 주류를 이룬다. 이러한 기능상의 요구 때문에 대부분의 레이저 발전기는 외부 제어장치와의 인터페이스 기능을 갖고 있으며, 이 기능을 효율적으로 사용할 수 있는 제어장치의 선정이 중요하다. 두 번째는 기계 구동부의 구동 메카니즘이다. 이 사항은 용접 공정과도 관련이 있으며 구동부의 액추에이터, 즉 각종(서보)모터, 실린더 등의 성능을 충실하게 만족시킬 수 있도록 고려되어야 한다. 제어장치는 수많은 부품들로 구성되어 있지만 제어 개념을 시퀀스 제어 및 위치 제어에 둔다면 가장 중요한 것은 사람의 두뇌에 해당하는 PLC 및 서보 장치일 것이다. PLC는 레이저 발전기, 냉각기, 기계 구동부와 각종 전기적인 신호들을 입, 출력의 형태로 교환하면서 전체적인 레이저 빔 용접시스템의 동작

을 제어하며, 이러한 제어 과정은 PLC 프로그램의 형태로 작성되어 메모리 영역에 보관된다. 재료를 용접하기 위해서는, 레이저 발전기에서 발생한 레이저빔을 집광시켜 용접 부위에 모아주는 용접 헤드와 용접 재료가 장착된 가공 테이블을 단독 또는 연동시켜서 직선이나 원의 경로로 이동시키는데 이러한 기능을 수행하는 서보 장치가 있다. 레이저 용접 시스템의 제어장치는 그 응용이 제품의 용

용 만큼이나 다양하다. 그러나 그러한 제어의 기본 골격은 같다고 할 수 있기 때문에 여기에서는 이미 제품화된 레이저 용접기인 HWS350N의 제어장치를 예로 하여 살펴보기로 한다. 본 시스템은 자동차 부품인 컴프레서용 폴리를 용접하는 장치이다. 특징은 무인 자동화 장비로서 폴리 생산라인의 일부를 이루어 전, 후의 공정과 연계를 가지면서 일관된 생산 흐름을 형성한다. 시스템의 일반 사양은 표 2와 같다.

표 2. 레이저 용접 시스템(HWS350N)의 사양
*기계 구동부

항 목	사 양
최대 시편 크기(mm)	φ150
테이블 높이 (mm)	900
최대 이송거리 X축 (mm)	300
최대 이송거리 Z축 (mm)	250
최대 회전각도 C축 (mm)	360° 이상
최대 이송속도 X Z축 (mm)	10
총중량 (Kg)	200

*레이저 발전기

대분류	소분류	사양
시스템 형태	FAST AXIAL TYPE CO ₂ LASER	
연속 출력	정격 출력	3500 W
	출력 가변 범위	10~3500 W
	출력 안정도	±0.5% 이내 /8 Hr
레이저 빔 특성	빔 모드	Q Mode
	빔 발산각	1.5 mrad 이하
	빔 크기	18 mm
펄스 방전	HYPERS PULSE	CW ~ 2 KHz
	SUPER PULSE	CW ~ 2 KHz
	GATED PULSE	CW ~ 5 KHz
	최소 펄스폭	150 usec
	듀티비율 조절 폭	3% ~97%
가스	사용 기체	CO ₂ , N ₂ , He (공히 정압된 4기압 이상의 가스)
	가스 소모량	최소 25 l/hour
동작 전원	정격 전압 최대 입력 전류	460VAC ± 10% 이내 30 A

2.2 용접 공정

용접 공정은 시퀀스 프로그램 및 가공 프로그램의 내용을 결정하는 기본 변수가 필요하다. 용접 대상물이 용접부까지 이송되고 용접되며 다시 원래의 위치로 보내는 자동 시스템일 경우, 모든 동작은 시퀀스의 프로그램으로 입력되어야 한다. HWS350N 제어장치의 기본 구성은 그림2와 같다. 기계 구동부를 구동시키기 위해서 CNC 와 자동화 라인을 위한 장비는 주변 장비 및 라인을 관리하는 메인 컴퓨터 시스템과의 링크를 위해서 PLC 를 사용한다. HWS350N 용접 시스템은 세 개의 AC 서보 모터를 사용하는 3 축(X, Z, C 축) 제어 시스템이다. X 축과 Z 축은 각각 용접 헤드를 수평 및 수직 방향으로 2 차원 이송을 하면서 용접 상태를 결정하는 중요한 요소의 하나인 초점 거리를 일정하게 유지시키는 역할을 한다. 즉 절대값 방식의 광학식 엔코더가 부착된 AC 서보 모터로서 정밀한 위치 제어를 할 수 있으며 기구적인 변위에 따라서

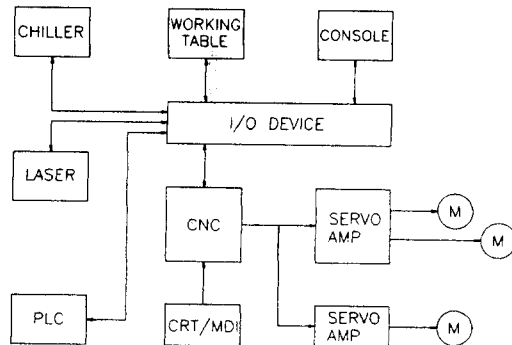


그림 2. HWS350N의 제어장치 구성도

초점 거리가 변하더라도 그 변화량을 CNC 가공 프로그램 내용에 추가함으로써 쉽게 초점 거리를 유지할 수 있다. C 축은 용접 재료가 장착된 테이블을 회전 이송시킨다. 먼저 X, Z 축의 이송에 의하여 용접 헤드가 사전에 설정되어 프로그램된 위치로 이송되고 회전축인 C 축을 회전시키면서 레이저빔을 동시에 재료표면에 조사시켜 용접이 이루어진다. 그러나, 단순히 이송축들만 이동시키는 것으로는 완전한 1 사이클의 용접 가공이 이루어지지 않는다. 이송축들을 CNC 가공 프로그램에 의해서 움직이는 것은 용접 가공 순서에서 단지 한 부분만을 차지하고 있을 뿐이며 CNC 내부의 보다 깊은 영역에서 레이저 빔 용접시스템의 전체적인 동작을 제어하는 작용이 이루어지고 있는데, 이러한 기능은 PMC 라는 프로그램에 의해서 이루어진다. 그러면, CNC 의 역할 및 기능을 살펴보기로 한다. 그림 3은 CNC 의 개략적인 구성이다. 컨트롤 유닛은 PCB 메인 기판에 슬롯이 있어서, 이 슬롯에 전원장치, 핵심이 되는 CPU 보드, 축 제어 보드, PMC 보드, 메모리 보드 등과 함께 장착할 수 있다. 즉 CNC 의 각 부분이 모듈화 되어 있어서 필요한 기능의 보드만을 선택하여 사용할 수 있으며 한 부분에 이상이 생기더라도 전체 부품을 교환하지 않고 문제가 발생한 부분만 교체한다. 이러한 모듈 방식은 CNC 뿐만 아니라 PLC 에서도 널리 사용되는 방법이다. CPU 보드에는 마

이크로프로세서가 내장되어 각종 연산처리를 수행하며, 축 제어 보드는 가공 프로그램을 실행하거나 조그 기능 등으로 축 이송을 행할 경우에 내부 연산에 의한 결과를 속도 제어 유니트에 아날로그 또는 펄스열의 형태로 명령을 내리는 역할을 한다. PMC 보드는 PMC 프로그램에 의하여 시퀀스 프로그램을 실행하며 전반적인 시스템 운영을 담당한다. PMC 보드는 CNC 내부와 주변 장치를 연결하는 매개체이며 입/출력 장치를 통하여 CNC 와 주변장치의 상태를 감시하고 제어한다. 메모리 보드에는 가공 프로그램, PMC 프로그램, 파라미터 등이 저장된다. CRT/MDI 는 CNC 와 관련된 다양한 기능 스위치 및 화면 표시 장치로 이루어져 있다. 화면 표시 장치에는 이송축들의 좌표값, 실행중인 프로그램, 각종 파라미터, 시스템 상태 및 알람 메시지를 표시하며, 작업자는 기능 스위치를 이용하여 가공 프로그램의 작성, 편집, 상태 체크, 파라미터 조작 등의 작업을 할 수 있다. 입/출력 장치는 주변 장치로부터 전기적인 신호를 PMC 에 전달하고, PMC 프로그램의 처리 결과를 전기적인 신호로 다시 주변 장치로 전달한다. 속도 제어 유니트는 축 제어 보드로부터 받은 축 이송 명령에 따라 서보 모터를 구동하기 위한 전력을 만들어 내며, 서보 모터에 부착된 엔코더의 신호를 비교하여 항상 일정한 속도로 모터가 움직이도록 서보계를 구성한다. 본 용접 시스템에 적용된 AC 서보 모터의 블록도는 그림 4와 같다.

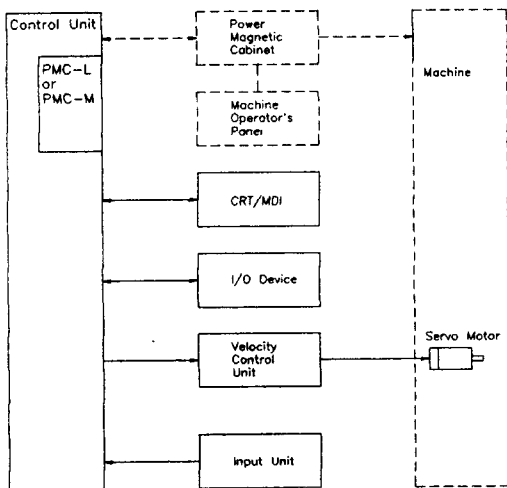


그림 3. CNC (FANUC 0-T) 의 구성

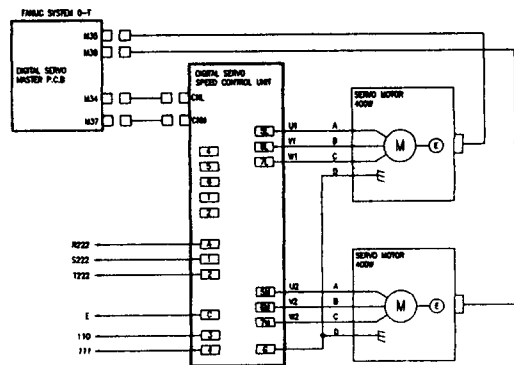


그림 4. AC 서보 모터의 블록도 (X, Z축)

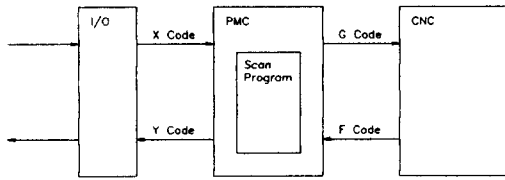


그림 5. PMC 신호의 흐름

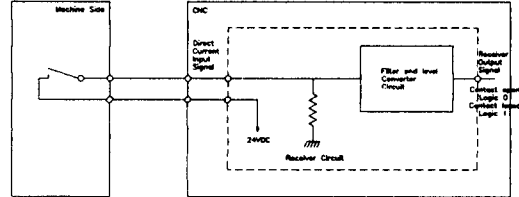


그림 6. I/O 보드의 입력 회로

2.3 PMC 구조와 I/O 보드

CNC를 구성하는 요소 중에서 PMC는 주변 장치, 즉 레이저 빔 용접시스템을 구성하는 레이저 발전기, 냉각기, 기계 구동부의 조작 판넬과 CNC를 연결하는 매개체이다. C351H 시스템에 사용된 CNC의 PMC는 그림 5와 같은 구조를 가진다. PMC는 제어용 입/출력 신호를 가지고 있는데 이 신호는 다시 내부용 입/출력 신호와 외부용 입/출력 신호로 나눌 수 있으며 각각 고유한 어드레스를 갖는다. 여기서 입/출력의 기준은 PMC이며 PMC 측으로 신호가 전달되면 입력, PMC에서 신호가 전달되면 출력이 된다. 내부용 입/출력 신호에는 G 어드레스로 표시하는 출력 신호와 F 어드레스로 표시하는 입력 신호가 있다. 예를 들어서 CNC 가공프로그램을 실행하는 명령인 "cycle start signal"의 경우를 생각해보면 다음의 순서대로 신호 처리가 이루어진다. 작업자가 CRT/MDI 화면에서 프로그램 번호를 선택하고 "CYCLE START 스위치"를 누르는 순간 이 스위치를 통해서 입력 신호가 PMC로 전해진다. PMC는 scan 방식에 의해서 이 입력신호를 확인하여 CNC로 프로그램 실행 명령인 "cycle start signal" 신호를 전달한다. CNC는 PMC로부터 "ST" 신호를 전달받고서 메모리 영역에서 선택한 프로그램을 읽어 들인 후 실행하게 된다. 또한, F 어드레스를 사용하는 예로써, 프로그램 실행중임을 알리는 표시램프를 제어장치에 부착하여 작업자에게 알려주는 것은 시스템 제작시 흔히 쓰이는 방법인데, 이때 "cycle start lamp signal" 신호를 이용하면 쉽게 구성할 수 있다. 이 신호는 CNC 가공프로그램이 실행중이면 CNC로부터 PMC로 항상 전달된다. 따라서 PMC 프로그램에 의해서 "STP" 신호를 체크하고 외부 신호인 Y 어드레스를 통하여 외부로 출력

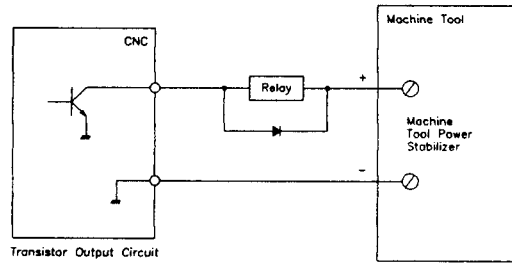


그림 7. I/O 보드의 출력 회로

시켜 표시램프를 동작시킨다. 외부용 입/출력 신호에는 X 어드레스로 표시하는 입력 신호와 Y 어드레스로 표시하는 출력 신호가 있으며, 이 신호는 I/O 보드를 통하여 전기적 신호로 변환된다. I/O 보드의 입/출력 포트들의 전기적 등가회로 및 적용 예는 그림 6 및 그림 7과 같다. 입력 신호는 조작 스위치, 리미트 스위치, 릴레이 접점 또는 근접 센서 등을 통해서 I/O 보드로 전달되며 다음과 같은 기본 사양을 만족시켜야 한다.

- * 접점 용량 : 30 VDC, 16 mA 이상
- * 접점 개방시 누설 전류 : 1 mA 이하
- * 접점 단락시 전압 강하 : 2 VDC 이하

출력 신호는 I/O 보드를 통해서 CNC 외부로 전달되며 릴레이 코일, 표시 램프 등을 구동시킨다. 여기에 사용되는 트랜지스터의 동작 사양은 다음과 같다.

- * 최대 출력 전류 : 200 mA
- * 출력시 포화 전압 : 최대 1.6 VDC @200 mA
- * 누설 전류 : 100 uA 이하

레이저 빔 용접 시스템 C351H에 사용된 CNC

의 I/O 보드는 104 입력/72 출력포트를 갖고 있으며 레이저 발진기, 냉각기, 기계 구동부 및 PLC와의 인터페이스를 위해 할당되어 있다. 입력의 경우 X 어드레스로 표시하며 하나의 어드레스는 8 개의 비트로 구성된다. 따라서 입력 X의 0 번 어드레스는 0 에서 7 번까지 비트신호를 가지고 있어 X0.0, X0.1, ..., X0.6, X0.7 과 같이 표시하며 PMC 프로그램에서 신호들을 구별하는 기준이 된다. 지금의 예는 출력 신호인 Y 어드레스에도 적용된다. 예를 들면, X 어드레스에는 홀수 번의 어드레스를 사용하지 않으며 단지 0 번에서 22 번 사이에 104 개의 어드레스만을 이용할 수 있으며, 다른 종류의 어드레스도 마찬가지이다. 그러면 C351H 시스템에서 이와 같은 입/출력 어떤 신호들과 결합하여 인터페이스를 이루고 있는지 알아보도록 한다.

2.4 레이저 발진기 인터페이스

본 레이저 용접시스템에서 사용한 발진기에는 BCD/FOB 인터페이스가 내장되어 있어서 발진기의 출력 조절, 펄스 선택, 주파수 및 듀티 설정, 빔 셔터 on/off 등의 제어 및 여러 가지의 레이저 알람 상태를 확인할 수 있다. 인터페이스 신호는 2 개의 압페놀 커넥터를 통하여 레이저 발진기 외부로 입/출력되며 5 VDC 또는 24 VDC 레벨 선택이 가능하다. 용접 가공을 하기 위해 레이저 발진기를 준비 상태로 하는 작업은 조작 패널의 동작 스위치를 이용한다. 레이저 발진기는 0~10 VDC 의 직류전압으로 레이저 출력의 세기를 조절한다. 레이저 출력을 제어하기 위한 직류 전압을 얻기 위해 CNC의 S 코드를 이용한다. 이러한 방법은 CNC 가공 프로그램에서 S 코드 값만 조작함으로써 쉽게 레이저 출력을 가변할 수 있다. 발진기는 CW, gate pulse, super pulse, hyper pulse 등의 네 가지 동작 모드를 제공하는데, 각 방전 형태는 CNC 가공 프로그램에서 보조 코드인 M 코드를 이용하여 쉽게 선택할 수 있다. 펄스를 선택하였을 경우 주파수 및 듀티의 지정이 필요하며, 역시 보조 코드인 B 코드를 이용하여 원하는 값을 지정한다. 펄스 및 듀티는 8 비트의 BCD 코드로 지정하여야 하는데, 본 시스템은 CNC 가공 프로그램에서 프로그래밍한 B 코드를 PMC 프로그램에서 BCD 코드화하여 출력 신호로서 레이저 발진기로 전달한다. PMC 는 이 신호

를 체크하여 프로그램의 실행 중에 발생하였다면 실행을 중지시키고 메시지를 표시하는 등의 동작을 하게 된다. 용접 시스템의 기계 구동부는 서보 모터와 관련된 이송축 부분과 로더와 회전 테이블 등 공압 실린더로 작동하는 부분으로 크게 나눌 수 있다. 여기에서 X, Y, C 등의 이송축은 그 기능이 PMC 보다는 CNC 의 위치 제어 기능에 밀접하게 관련되어 있다. 기계 구동부에서 로더 및 가공 테이블 등을 원활하게 작동하기 위해서 필요한 요소에 센서를 이용하여 각 동작부의 상태를 체크하는데, 이 신호들은 PMC 로 전달되어 프로그램에 의해서 공압 실린더 등의 액추에이터를 구동시키는 타이밍을 제어하게 된다. 본 용접 시스템에 사용된 각종 센서의 동작 기능은 표 3과 같다.

표 3. 센서의 기능

센서	기능	종류
PH1	용접 재료 용접위치에 대기 완료	광학식, 투과형
PH2	용접 재료 가공후 unloading 위치에 대기 완료	"
PH3	X축 원점 복귀	"
PH4	Z축 원점 복귀	"
PH5	X축 Overtravel Limit +	"
PH6	X축 Overtravel Limit -	"
PH7	Z축 Overtravel Limit +	"
PH8	Z축 Overtravel Limit -	"
RS1	로더 -A 용접 재료 접기 완료	전자기 유도형
RS2	로더 -B 용접 재료 접기 완료	"
RS3	로더 턴 완료 (90°)	"
RS4	로더 리턴 완료	"
RS5	테이블 턴 완료 (180°)	"
RS6	테이블 리턴 완료	"
RS7	로더-A 상승 완료	"
RS8	로더-A 하강 완료	"
RS9	로더-A 상승 완료	"
RS10	로더-A 하강 완료	"
RS11	로더-A 하강 완료	"

2.5 가공 프로그램의 예

지금까지 레이저 용접시스템의 제어장치를 구성하는 주요 요소들을 살펴보았는데 최종적인 작업은 CNC 가공 프로그램에 의해서 이루어진다. 즉, 제어장치의 하드웨어 및 소프트웨어들은 가공프로그램을 실행하여 재료를 용접하기 위한 기본 조건

표 4. AC 서보 모터의 블록도 (X,Z축)

프로그램	의 미
O0001;	(메인) 프로그램 번호
M98 P10;	서브프로그램 O0010호출
G98 F2200;	분당이송자지정 (mm/min), 속도지정
G01 X-66.4 Z-41.5;	초점위치(사전 설정함)로 이동
G50 C0.0;	회전축의 좌표값 계로 설정
M98 P101;	서브프로그램 O0101호출
H-10.0;	회전축 10 회전(상대좌표)
H-365.0 M61;	회전축 365회전 & 빔 서터 열림
H-10.0 M60;	회전축 10 회전 & 빔 서터 닫힘
M98 P100;	서브프로그램 O0100 호출
M30;	프로그램 종료
O0010;	(서브) 프로그램 번호
M25;	LOADER Return
M20;	LOADER A, B Down
M22;	LOADER A, B Pick
M21;	LOADER A, B Up
M24;	LOADER Turn
M20;	LOADER A, B Down
M23;	LOADER A, B Unpick
M21;	LOADER A, B Up
M25;	LOADER Return
M99;	서브프로그램 종료
O0101M;	(서브) 프로그램 번호
B302;	레이저출력 상승, 하강 시간 0.1(sec)
M50;	레이저 연속방전
S694	레이저 출력 설정
M71;	레이저 빔 ON
G04 X3.0M;	프로그램 3(sec) 동안 정지
M81;	보조 가스 ON
M99;	서브프로그램 종료
O0100;	(서브) 프로그램 번호
S0;	레이저 출력 설정 해제
M70;	레이저 빔 OFF
M60;	보조 가스 OFF
M99;	서브프로그램 종료

을 형성하기 위한 것이며 가공프로그램의 작성 및 실행에 의해서 시스템의 설계, 제작이 완료되는 셈이다. 따라서, 다음의 예제 프로그램은 레이저 빔을 이용한 용접시스템의 기능이 집약된 것으로서 제어장치의 동작 흐름을 이해할 수 있는 좋은 보기가 될 수 있다(표 4).

3. 용접 시스템

HWS350N 레이저 용접 시스템의 구성된 모습은 그림 8과 같다. 또, 그림 9는 레이저 및 기계 구동부의 제어장치가 들어 있는 조작반이며, 그림 10은 레이저 용접이 행해지는 모습이다.

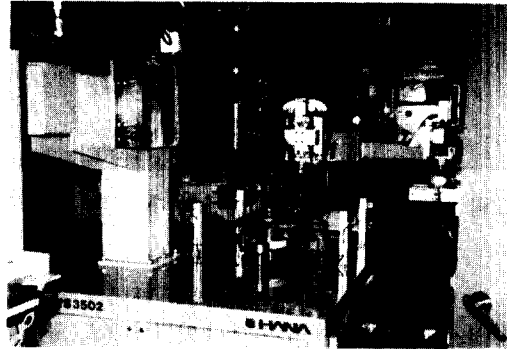


그림 8. HWS350N 레이저 용접 시스템

4. 현재 기술의 문제점과 향후 전망

지금까지 레이저 용접시스템 HWS350N 의 제어 장치를 중심으로 적용기술을 살펴 보았다. 본고에서 논한 이외의 레이저 용접 시스템이라 할지라도 제어 구성에 있어서는 그 요소가 지금까지 기술한 내용에서 크게 다르게 추가될 사항은 없으리라 생각된다. 다른 변수들이란 응용시 약간의 변경만이 필요로 된다. 본 시스템은 CNC 와 PLC를 사용하였으나 이러한 경우에는 PC based controller를 활용하는 것이 더욱 그 기능면이나 제어의 효율화 문제에서 유리하다고 생각된다. 문제는 아직은 열악한 생산 환경으로 인하여 시스템의 안정적 작동과 내구성에 있어서 CNC가 다소 유리한 위치에 있다

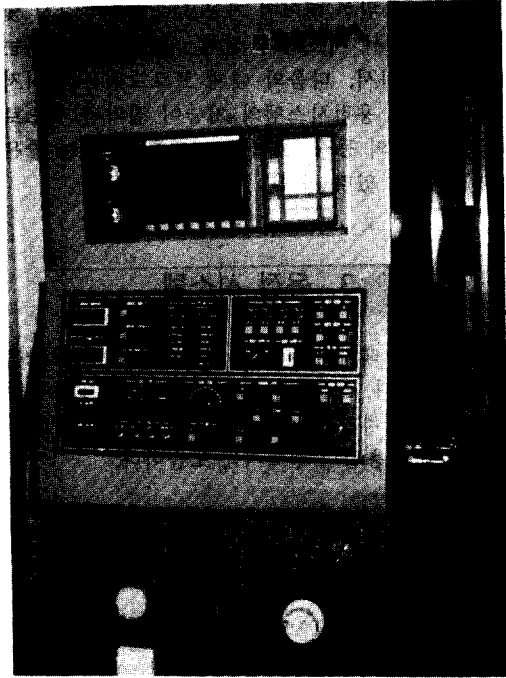


그림 9. 레이저 및 기계구동부의 제어 장치가 들어 있는 조작반

고는 할 것이다. 본 시스템에서는 레이저 빔의 특성이 레이저 변수에서 명령 주어진바대로 유지된다고 여기고 모니터링 하는 장치가 고려 되지 아니하였다. 향후 레이저 용접 시스템 제어 구성의 중요한 추가 사항이 바로 레이저 빔의 모니터링과 용접의 실시간 모니터링이다. 이는 아직 세계적으로 현장에 적극 활용되고 있지는 않고 있다. 그러나,

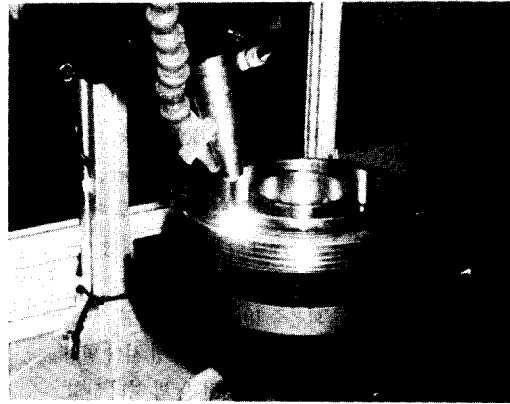


그림 10. 레이저 용접 모습

자동차, 철강 등의 현장의 생산 공정에 적용 될 경우에는 레이저 빔 전송장치에 레이저 빔의 특성을 모니터링 하는 장치를 부가하고 레이저 용접을 실시간 검사하는 장치의 부착이 필연적이라 할 것이다. 레이저 빔이 안정화 되어있고, 레이저의 용접 변수들에 대한 데이터들이 충분히 갖추어져 있을 경우 레이저 용접 조건 변화를 실시간으로 확인하여 제어 장치에서 피드백 함으로서 용접의 불량을 최소화 할 수 있고 샘플 검사를 하지 않아도 될 것이다. 우리나라의 경우 레이저 용접의 활용이 증가할 가능성이 매우 높다. 그 이유는 전자와 철강 및 중화학 공업이 우리의 대표적인 산업임에도 불구하고 같은 규모의 외국과 비교할 때 레이저 용접의 활용이 매우 낮기 때문이며, 자동차 산업을 중심으로하여 그 활용의 가능성을 폭 넓게 검토하거나, 시행 초기 단계에 있기 때문이다.