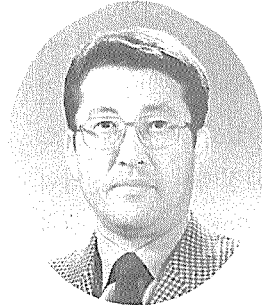
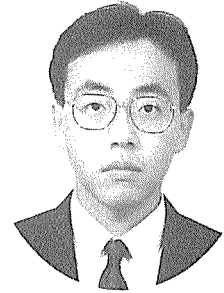


인버터 제어형 CO₂ GMAW의 파형제어기법



전국대학교 전기공학과
교수 최 규 하



Delta PE Lab
연구원 채 영 민

1. 서론

용접기는 전기적인 에너지를 아크형태의 열에너지로 변환하여 접합하는 기기로서 일반 산업현장에서 광범위하게 사용되고 있다. 이러한 용접기는 사용하는 전극의 종류와 전원장치의 종류 및 차폐가스의 종류에 따라 다양하게 구분되며 이러한 다양한 용접기 중에서 소모성 전극인 와이어를 사용하는 GMAW(Gas Metal Arc Welding)는 차폐가스의 종류에 따라 CO₂가스를 사용하는 CO₂ GMAW와 CO₂에 Ar 혹은 O₂의 혼합가스를 사용하는 MAG (Metal Active Gas) 용접기 및 Ar 또는 He가스를 사용하는 MIG (Metal Inserted Gas) 용접기 등이 있다. 이중에서도 국내의 경우에는 차폐가스의 가격이 가장 저렴한 CO₂ GMAW가 많이 사용되고 있으며, 최근 용접자동화에 대한 관심이 고조되면서 CO₂ GMAW가 점차 확대, 적용되고 있는 추세이다.[1]-[4]

그러나 CO₂ GMAW의 경우 용접 자동화에 적용시의 가장 큰 문제점은 금속이행과정에서 발생하는 스파터이다. 일반적으로 금속이행과정에서 발생

하는 스파터에 영향을 주는 요인으로는 전원의 종류, 전극과 모재의 간격, 차폐가스와 용가재의 종류 등이 있고, 최근에는 이러한 여러 가지 용접요인중에서 전기적인 에너지를 제어하는 연구가 가장 활발히 진행되고 있다. 이에 따라서 CO₂ GMAW분야에서는 새로운 전력변환장치의 개발을 통하여 스파터의 발생을 최소화하는 다양한 연구가 진행되어왔다.[5]

'60년대초에 Thyristor를 이용한 초기 CO₂ GMAW의 전력변환장치는 변압기 2차측에 Thyristor 위상각을 제어함에 의해 출력전압의 크기제어를 통하여 정전압 특성을 얻을 수 있다. 따라서 용접중 출력조건 설정이 가능하다는 장점은 있으나, 출력전류에 맥동이 존재하며 시스템 속응성이 낮고 전원측에 변압기를 사용함에 따라 전체 시스템의 크기가 커진다는 단점이 있었다.

'80년대에 들어서 Power TR의 정격용량이 증대되고, 스위칭 주파수가 고속화됨에 따라 인버터 제어형 CO₂ GMAW에 의해 용접기 시스템의 크기를 감소시켰고 인버터의 고주파 스위칭 동작으로 용접성능을 크게 향상시킬 수 있게 되었다.

이러한 인버터 제어형 CO₂ GMAW는 고주파 스위칭 동작을 통하여 아크 및 단락상태에서의 출력전류를 적절히 제어하는 것이 가능할 뿐 아니라 고주파 스위칭을 통하여 변압기와 리액터의 크기를 크게 줄일 수 있는 장점이 있고, 특히 고속 스위칭으로 용접기의 금속이행과정에서 출력전압이나 전류를 적절하게 제어함에 의해 스패터를 현저히 줄이는 제어기법에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.[7][8]

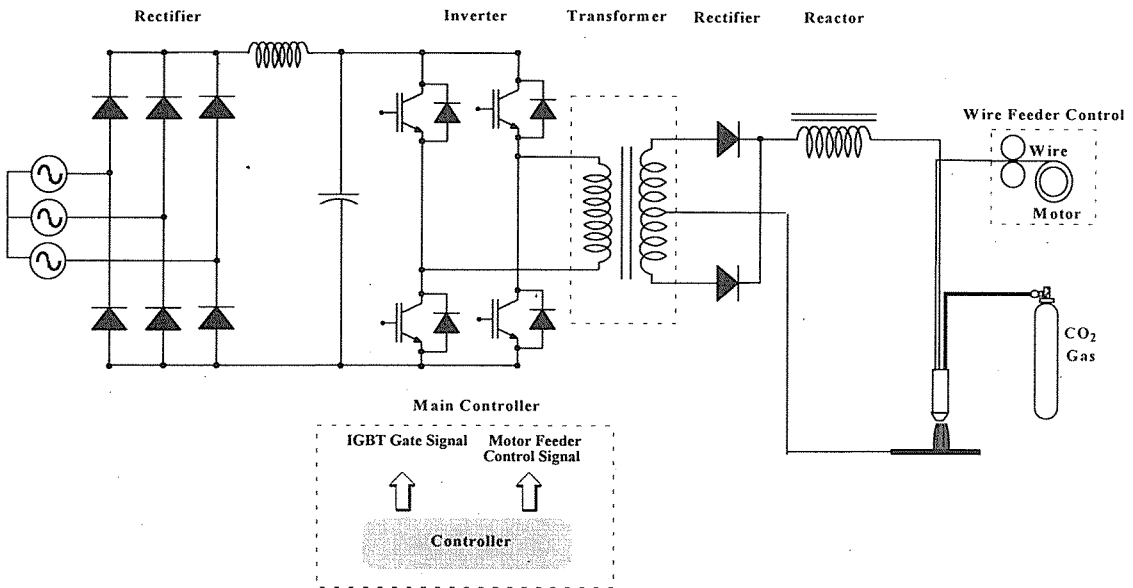
여기서는 CO₂ GMAW분야에서 최근까지 연구되고 있는 다양한 파형제어기법 및 그 개발전망에 대하여 기술하고자 한다.

2. 인버터 제어형 CO₂ GMAW의 회로구조

인버터는 입력전원의 종류에 따라서 인버터 입

력단에 커패시터를 사용하는 전압형 인버터와 리액터를 이용하여 일정전류를 갖는 전류형 인버터로 구분되나 용접기에서는 제어가 용이하고 속성이 빠른 전압형 인버터가 주로 사용된다. 전압형 인버터의 경우 사용되는 부하의 상수에 따라서 단상과 3상으로 구분되는데 용접기용 인버터 경우 인버터의 출력전압인 교류전원을 다시 직류전원으로 정류하여 사용하므로 (그림 1)과 같이 항상 단상형태의 인버터가 사용된다.

(그림 1)은 인버터 제어형 용접기 시스템의 개략도로서 220[V]의 교류 입력전압은 정류기 및 커패시터를 거쳐 일정 직류전압으로 변환되고, 이 직류전압은 인버터를 통하여 고주파(16kHz이상)의 단상 교류전압으로 바뀌어 변압기 1차측으로 인가된다. 변압기의 권선비를 통하여 적절히 크기가 조정된 변압기 2차측 교류전압은 출력측 정류



(그림 1) 인버터 제어형 CO₂ GMAW 회로도

Fig. 1 Circuit diagram of inverter CO₂ GMAW.

기를 거쳐 직류전압으로 변환되고 DC 리액터를 거쳐 용접기의 최종전압으로 출력된다. 현재 대다수의 인버터 제어형 용접기는 출력전압의 크기를 일정하도록 제어하는 정전압 출력특성을 유지하며, 용접기 출력전류의 가감은 와이어의 송급속도를 결정하는 송급모터의 속도제어특성을 이용한다.

인버터 제어형 CO₂ GMAW의 회로는 (그림 1)과 같이 크게 전력변환부와 송급모터부 및 차폐가스 제어부의 3부분으로 구성되어 있다. 정전압 출력특성을 얻기 위한 전력부는 3상 정류기, 인버터, 고주파 변압기, 출력측 정류기 및 리액터등이며, 용접기의 출력전류를 제어하기 위한 송급모터 제어부는 와이어와 송급모터 및 모터 구동회로로 구성되어 있다. 그리고 차폐가스 제어부는 용융금속의 해리현상을 방지하기 위한 CO₂ 가스 및 가스 제어부로 구성되어 있다.[1][2]

3. CO₂ GMAW의 금속이행과정

금속이행이란 소모성 전극을 이용한 아크 용접에서 아크열에 의해 용융된 금속이 용융지로 이행하는 현상을 말하며 일반적으로 아크용접에서 금속이행현상은 용접재료, 차폐가스, 용접조건 등의 변수에 따라 여러가지 형태로 나타나는데 이는 용접변수들의 변화에 따라 용융금속인 용적에 작용하는 힘의 크기가 변화되기 때문이다.

용적의 금속이행과정에 작용하는 힘으로는 크게 중력, 표면장력, 전자기력 및 플라즈마 인력의 4가지로 구분하여 설명되는데 중력을 제외한 다른 여타 작용력은 출력전류에 따라 힘의 크기가 달라지는 것으로 알려져 있다. 특히 전류가 증가함에 따라 전자기력이 용적에 영향을 미치는 주요한 힘으로 작용한다. 이상의 힘들이 복합적으로 작용하여

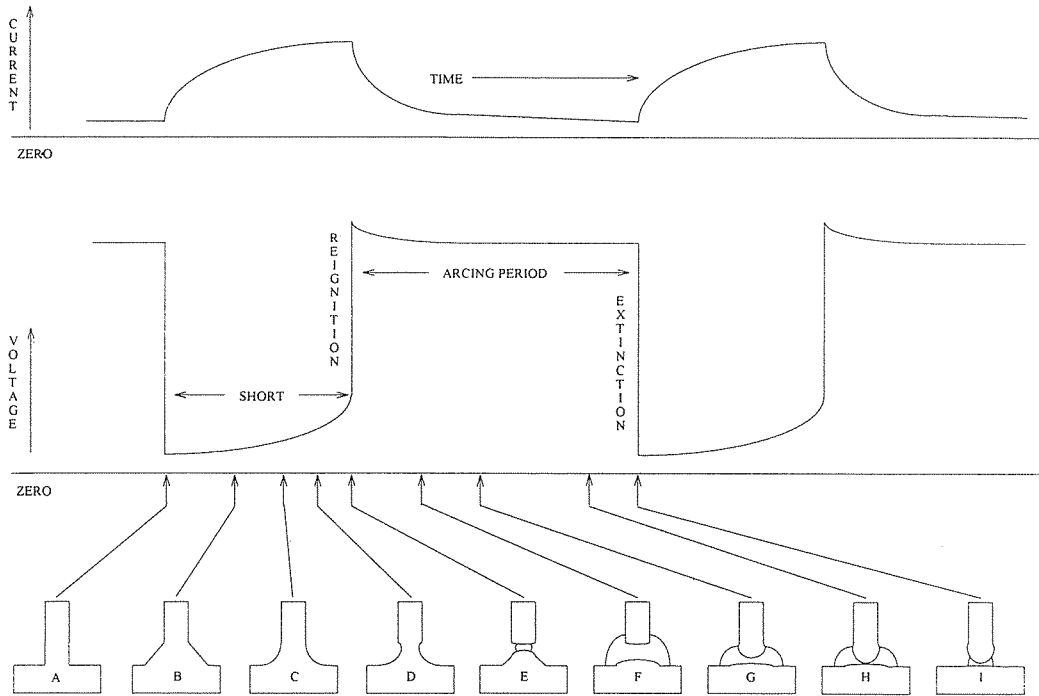
소모성 용가재는 용적인 액체상태로 모재로 이동을 하게 되는데 CO₂ GMAW에서는 주로 3가지의 금속이행현상이 관찰된다.[8]

저전류영역에서는 와이어 선단에 형성된 용적이 용융지와 접촉하여 단락이 형성되고 이러한 단락이 파단되는 과정을 반복하는 단락이행(short circuit metal transfer)이 발생되고, 대전류영역에서는 와이어 선단에서 생성된 용적이 와이어에서 떨어져 금속방울의 형태로 용융지로 이동하는 입상이행(globular metal transfer)이 발생되며 저전류와 대전류의 중간영역인 중전류영역에서는 단락이행과 입상이행의 중간형태인 천이이행이 발생된다.

3.1 단락이행과정

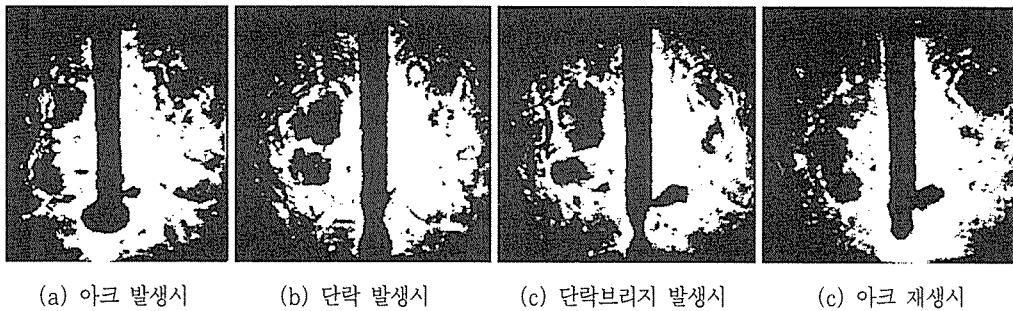
CO₂ GMAW에서 저전압·저전류의 출력조건에서 발생하는 단락이행과정은 (그림 2)와 같은 금속이행 과정을 반복한다. 즉 와이어 선단에서 아크의 열에 의해 용융되어 형성된 용적이 용융지와 접촉 즉 단락되면 아크는 소멸된다. 단락과 동시에 용접기 수하특성에 의해 단자전압은 거의 수직으로 감소하고, 단락현상으로 인한 저항의 감소로 용접기 출력전류는 단락이 유지되는 기간인 A~D 사이에서 급격히 상승한다.

단락말기인 D에서 저항열에 의한 단락부의 온도 상승과 전자기력에 의한 핀치효과(Pinch Effect)에 의하여 용융금속의 이행이 촉진되어 와이어와 용융지는 (그림 2)의 E에서 서로 분리된다. 이때 용융지와 와이어가 분리되면서 단락상태가 끝나고 아크는 재생된다. 이때 출력단자전압은 급격히 상승하게 되며, 출력전류는 아크가 유지되는 동안 점차적으로 감소한다. 이로써 하나의 단락주기가 끝나고 다시 단락-아크가 반복된다.[8]



(그림 2) 단락이행과정

Fig. 2 Metal transfer procedure of short circuit mode.



(그림 3) 단락이행과정(8)

Fig. 3 Short circuit metal transfer procedure.

(그림 3)는 고속 카메라를 이용하여 CO₂ GMAW의 단락이행과정을 순차적으로 보여주는 사진이다. 특히 이러한 고속 카메라를 이용한 금속이행현상

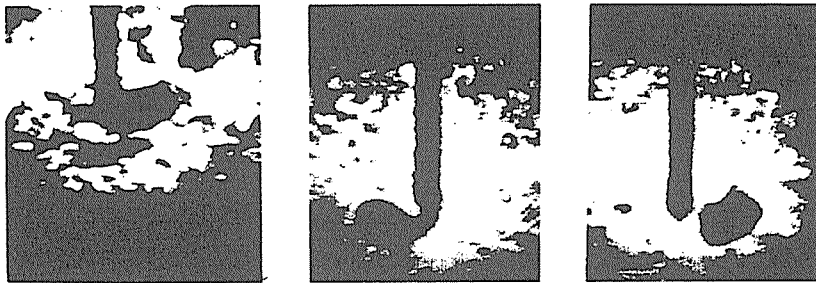
을 해석해 보면 단락이행과정시 CO₂ GMAW에서 발생하는 스패터가 단락발생순간과 아크재생순간에 발생한다는 것이 밝혀졌다. 따라서 최근 대부분

의 스패터 저감을 위한 파형제어는 이러한 단락 및 아크의 발생순간의 스패터를 저감하기 방법에 주로 기초하고 있다.

3.2 입상이행과정

CO₂ GMAW의 대전압·대전류의 조건에서 발생하는 금속이행 현상인 입상이행은 용적이 용융지와 단락이 이루어지지 않으면서 이행되는 특징이 있다. 이러한 입상이행은 와이어 선단에서 와이어 직경의 2배 내지 3배 정도로 증가한 용적이 중력의 힘에 의하여 와이어 선단에서 떨어져 용융지로 이동하는 금속이행이다.[8]

특히 입상이행시 보호가스의 종류에 따라서 금속의 용적이행특성이 크게 좌우되며, Ar가스를 보호가스로 사용하면 용적이 구형의 형상을 가지며 금속이행과정이 안정적으로 이루어지나, CO₂ 가스를 보호가스로 사용하면 (그림 4)의 고속촬영으로 나타낸 바와 같이 아크가 용적의 하단부에만 집중되게 되어 전자기적인 반발력이 작용하게 되고 용적의 모양자체가 매우 불규칙한 형상을 가진다. 이와 같은 입상이행은 금속이행과정에서 반발력의 유무에 따라 아르곤 가스를 사용하는 전자의 금속이행 과정을 드롭(drop)이행이라 하고 후자의 CO₂ 가스에서의 입상이행과정을 반발(repelled)이행이라 한다.



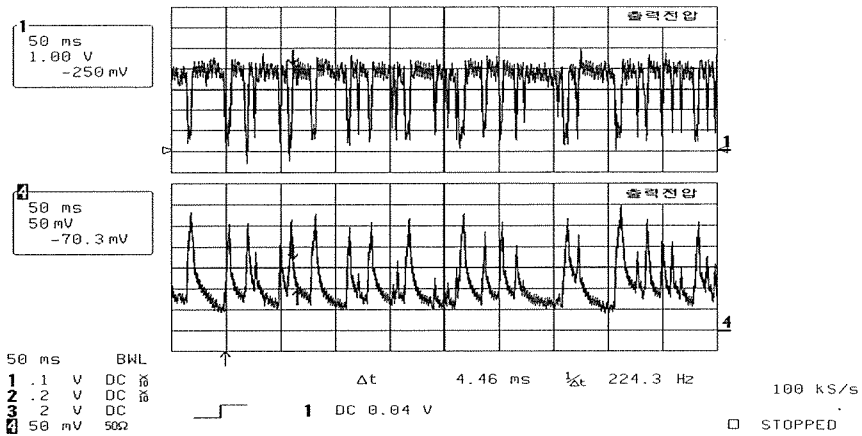
(그림 4) 입상이행과정(8)

Fig. 4 Globular metal transfer procedure.

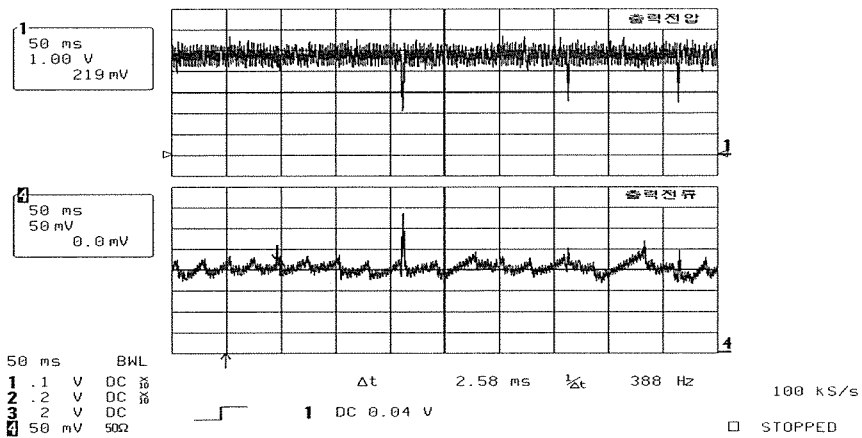
이러한 입상이행 과정에서 용적이 이행하는 도중 아크길이가 짧아지게 되면 크게 성장된 용적이 용융지와 순간적으로 접촉되고 이로써 순간단락현상이 발생하는데 이러한 순간단락현상이 발생하면 출력전류가 급격히 상승하므로 용적이 급히 가열되면서 폭발성으로 분산되고 따라서 다량의 스패터가 발생된다. 특히 단락이행으로 주로 사용되는 저전류영역과 입상이행으로 주로 사용되는 대전류영역의 중간인 중전류영역에서는 이상과 같은 순

간단락현상이 다량으로 발생하고 이를 천이영역이라 한다.

(그림 5)은 금속이행과정시의 용접기 출력전압 및 전류의 파형으로써 그림 5(a)는 200(A)의 출력전류인 단락이행시의 출력전압 및 전류파형으로 용접기의 수하특성에 의하여 출력전압의 증감이 반복되고 있으며 출력전류파형의 경우 단락이 발생하여 저전압인 단락상태에서 출력전류가 급격히 증가함을 볼 수 있다. 그림(b)는 입상이행영역에



(a) 단락이행시의 출력파형



(b) 입상이행시의 출력파형

(그림 5) CO₂ GMAW의 출력전압 및 전류파형

Fig. 5 Output voltage and current waveform of CO₂ GMAW.

서의 출력전압 및 전류파형으로써 출력전압 및 전류가 거의 변동하지 않고 리플이 존재하는 직류 전압 및 전류파형으로 출력이 나타남을 알 수 있다. 또한 때로는 순간단락현상이 발생하여 인하여 출력전류가 순간적으로 크게 증대하고 있음을 볼 수 있다.

4. 인버터 CO₂ GMAW의 파형제어 기법

최근 CO₂ GMAW에 고주파 스위칭을 통하여 순시적인 출력전력제어가 가능한 인버터를 적용하여 용접시 필수적으로 발생하는 스패터를 최소화

하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 스파터 발생의 저감은 전술한 바와 같이 고속 카메라를 이용한 금속이행 현상의 실험적 규명으로 가능해졌고, 현재까지 스파터 저감을 위한 대부분의 파형제어기법은 입상이행에 비하여 상대적으로 스파터 발생량이 많은 단락이행과 천이이행영역의 스파터 저감을 주로 다루고 있다.

특히 파형제어방식의 가장 근본적인 제어방식은 대부분의 스파터가 단락 및 아크가 일어나는 순간에 발생하며, 특히 천이영역에서는 정상적인 금속이행과정이 아닌 순간단락에 의해 다량의 스파터가 발생하므로 이러한 단락 및 아크발생순간에 순시적인 출력전력을 제어하거나, 순간단락현상을 정상단락으로 유도함으로써 스파터를 저감한다.

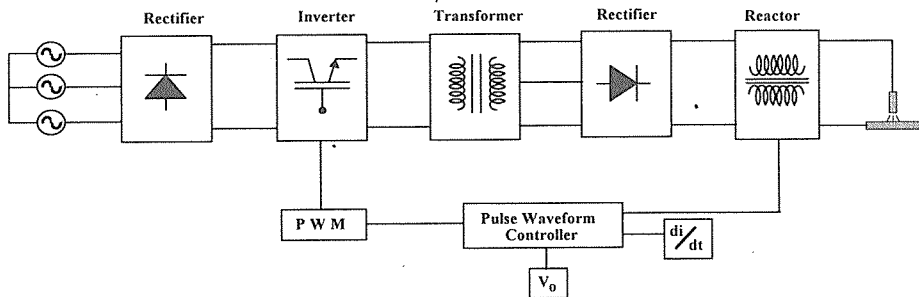
4.1 출력전류 기울기 제어방식

인버터를 적용한 파형제어기법의 초기에는 (그림 6)에 나타낸바와 같이 용접기 출력전류를 변압기를 통해 검출하여 용접전류의 기울기(di/dt)를 구하여 출력전류의 급격한 변동을 방지하며 기준기울기 신호와 비교하여 실제전류의 기울기가 기준신호와 다를 경우 출력전류를 가감함으로써 제어하는

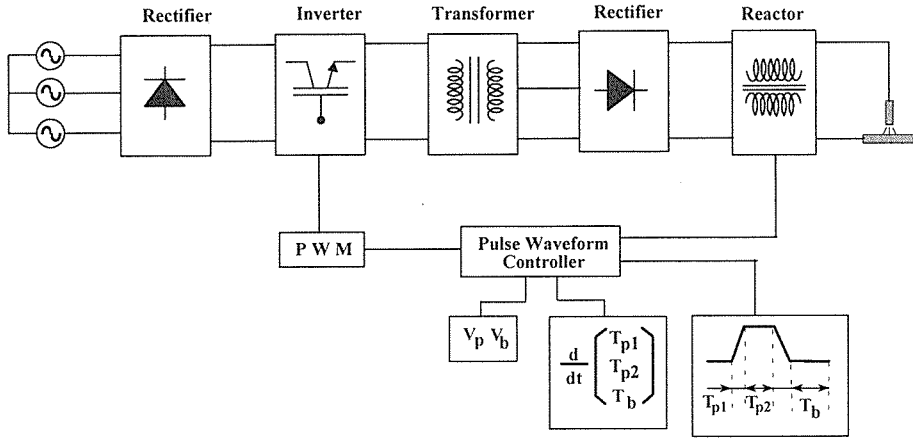
방식이다. 이러한 제어기법은 기존의 Thyristor 제어형 용접기에서 비해 단락의 주기가 균일해지며, 단락전류가 안정되고 스파터 발생이 저감되는 장점이 있으나, 단락과 아크재생시 및 순간단락현상으로 기인하는 스파터에 대한 저감효과가 없다.[8]

4.2 펄스형 출력전류 제어방식

(그림 7)은 아크 용접기의 출력전류를 펄스형태로 제어하는 방식으로서 아래 (그림 9)와 같은 펄스형태의 출력전류를 통하여 1개의 펄스당 하나의 용적이 이행되거나, 2개의 펄스당 하나의 용적이 금속이행을 하도록 펄스의 주기나 듀티비 등을 제어하는 방식이다. 이러한 펄스형 출력전류의 제어요소로는 펄스형 전류의 피크치, 베이스전류의 크기 및 펄스전류의 피크치로 변하는데 걸리는 시간(TP1), 피크전류의 유지시간(TP2) 및 베이스전류시간(Tb)등을 적절히 설정하여야 하고 펄스의 주기가 빠를수록 안정한 용접이 이루어지는 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 제어방식은 직접 용적이행현상을 제어하는 방식이 아니므로 스파터 저감을 위해서는 출력전류의 제어요소에 대한 최



(그림 6) 출력전류 기울기 제어방식
Fig. 6 Output current slope control.



(그림 7) 펄스형 출력전류 제어방식
Fig. 7 Pulsed output current control.

적의 조건설정이 필요하다.[6]

확실히 단락하도록 유도한다.

4.3 디지털 제어에 의한 파형제어방식

최근에는 고속의 마이크로프로세서를 이용하여 용접기의 출력을 제어하여 스페터 발생을 억제하는 파형제어기법에 관한 연구결과도 발표되었다. (그림 8(a))는 마이크로프로세서에 의한 파형제어 기법으로 단락/아크 판정신호 IRQ3와 타이머에 의한 분할신호 IRQ1, 지연 타이머신호 IRQ2 및 출력전류와 전압의 기울기 신호 등을 이용하여 (그림 8(b))와 같이 단락주기를 아래와 같은 6개의 구간으로 구분하여 각각 전압 및 전류 기준신호에 의하여 제어하는 파형제어방식이다.[4]

① 구간 A

단락판정전압 V_j 를 기준으로 단락상태인지 아크 상태인지를 구분하고 단락발생시 T_d 의 기간동안 출력전류를 저전류로 제어하여 용적과 용융지가

② 구간 B

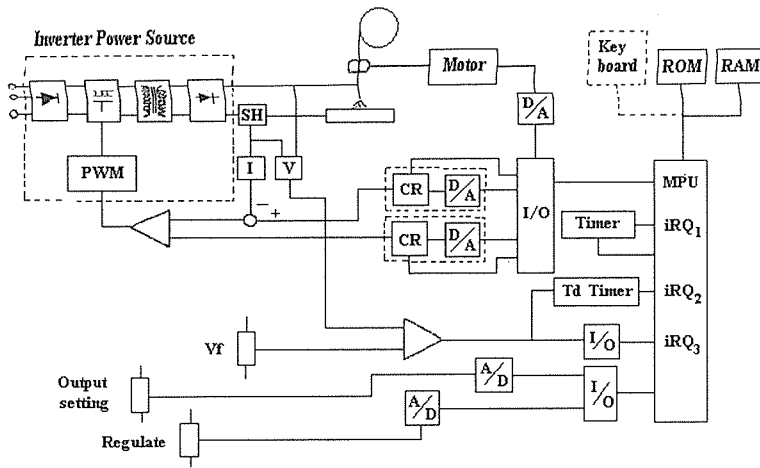
단락지연시간 T_d 가 경과후 전류를 I_u 까지 급상승시키고 전류상승기울기를 K_s 로 설정하여 피크전류의 크기를 억제하는 구간이다.

③ 구간 C

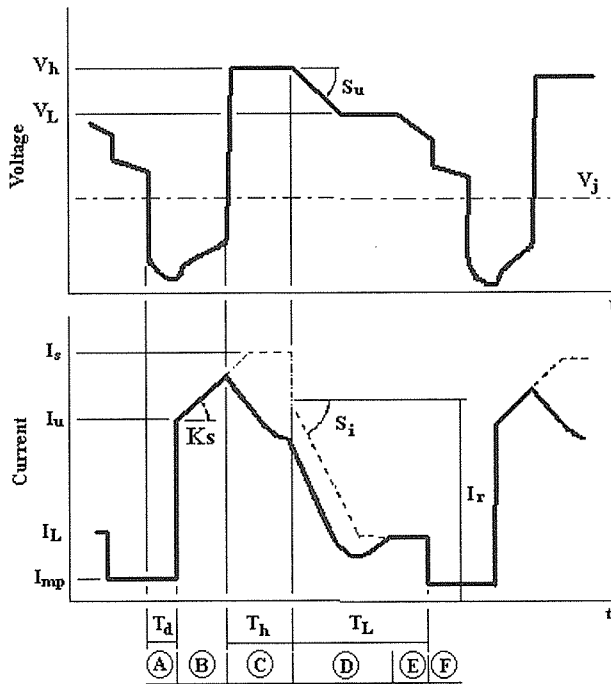
아크 발생후에는 정전압제어를 통하여 출력전압을 V_h 로 유지하고 출력전류는 아크전압에 의해 결정된다.

④ 구간 D

아크 발생후 T_h 가 경과하면 출력전압을 기울기 S_u 로 V_h 까지 감소시킨다. 이때 출력전류는 전압에 의해 결정되며 단락전류의 증가가 억제되어 용적형상의 변화나 단락주기의 변동을 최소화하는 구간이다.



(a) 마이크로프로세서 제어부



(b) 용접기 출력전압 및 전류파형

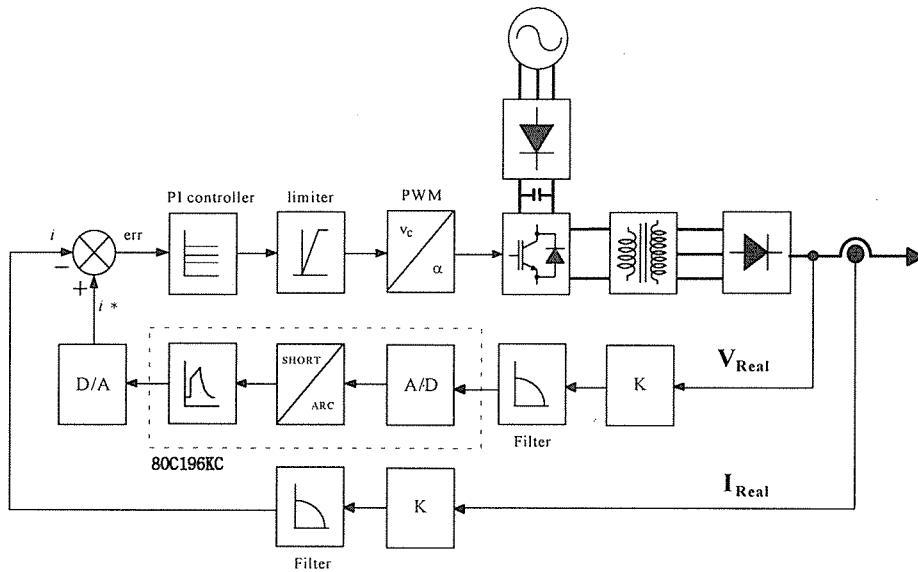
(그림 8) 마이크로프로세서 제어에 의한 파형제어기법
Fig. 8 μ P controlled CO2 GMAW.

⑤ 구간 E

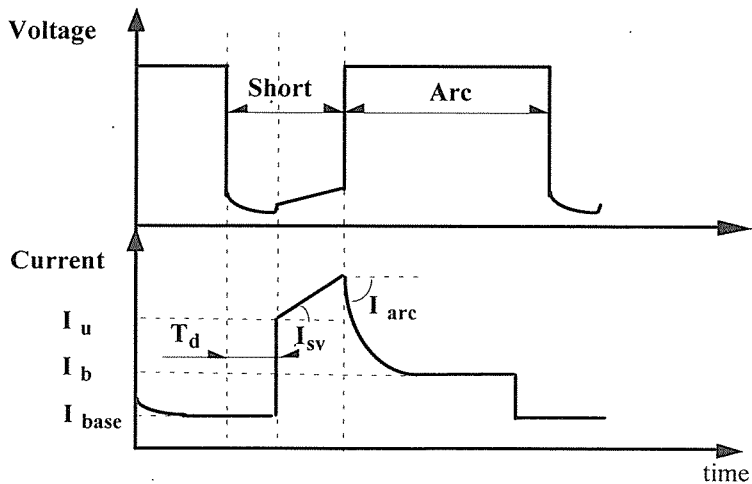
아크길이가 짧아지는 구간으로 출력전류가 증가하려고 하지만 출력전류를 I_L 로 억제함에 따라 용적의 과대성장을 저지하는 구간이다.

⑥ 구간 F

아크 발생후 일정시간($T_h + T_L$)이 경과하여도 단락이 발생하지 않으면 전류를 I_{mp} 까지 감소시켜 와이어의 용융을 억제하고 단락을 촉진하는 구간이다.



(a) 순시 출력전류 제어



(b) 출력전압 및 전류파형

그림 9 순시 출력전류 제어에 의한 파형제어

Fig. 9 Instantaneous output current controlled CO2 GMAW.

이상의 파형제어기법은 용접기의 금속이행과정을 고려하여 각각의 동작상태에 따라 최적의 출력 특성을 얻기 위한 제어를 구현하였다는 의의가 있고 출력전압제어와 전류제어를 병렬로 시퀀스에 따라 제어하므로 제어가 구성이 다소 복잡한 반면, 제한된 조건내에서는 만족스러운 스패터 저감효과를 얻을 수 있었다.

4.4 순시 출력전류 제어방식

순시 출력전류 제어방식에 의한 파형제어기법은 단락이행과정에서 발생하는 스패터를 최소화하기 위하여 CO₂ GMAW의 출력전류를 최적의 파형으로 직접 제어하는 제어방식이다.[1][2] 이러한 방식은 단락이행시의 출력전류를 순시적으로 제어하기 위하여 용접기의 출력전압을 센싱하여 단락과 아크상태를 판별하고, 단락과 아크상태에 따라 마이크로프로세서를 이용한 디지털 제어를 사용하여 적절한 전류 기준신호를 출력하고 인버터제어를 통하여 실제 용접기 출력전류가 기준전류파형을 추종하도록 제어하는 방식이다.

(그림 9)는 순시 출력전류 제어에 의한 블럭선도와 용접기 출력전류의 개념도로서 디지털 제어기에서는 용접기의 출력전압을 감지하여 단락발생 여부를 판정하고, 단락시에는 용적이 모재에 단단히 접합되도록 지연시간 T_d동안 최소전류인 I_b로 유지시키고 지연시간 T_d가 지난후 출력전류를 I_u까지 급격히 상승시키고 출력전류가 I_u에 도달하면 아크가 다시 발생시까지 I_{sv}의 기울기로 출력전류를 상승시킨다. 아크가 발생되면 출력전류를 I_{arc}의 기울기로 감소시키고 다시 단락이 발생할 때 까지 출력전류를 단락발생을 위한 출력전류 I_b로 계속 유지시키는 제어방식이다.

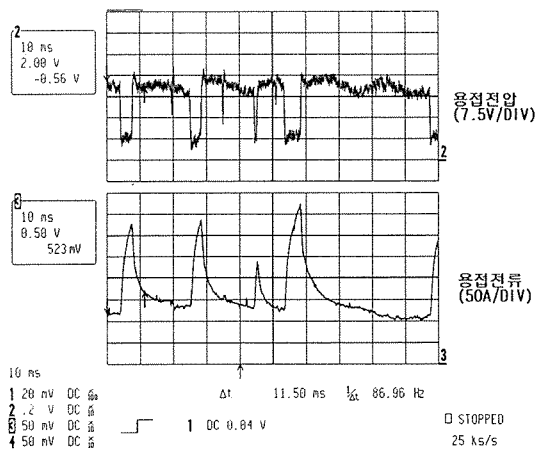
출력전류파형의 제어가 가능한 변화요소로는 단락 발생시의 지연시간 T_d, 지연시간이후 상승시킬 단락전류 상승치 I_u, 단락전류의 상승기울기 I_{sv}, 아크발생후 전류감소 기울기 I_{arc} 및 아크시의 출력전류(base 전류) I_b 등이 있고, 전류파형의 제어요소들은 디지털제어기의 프로그램에 의해 변경시키고 임의로 지연시간과 출력전류의 크기 및 출력전류의 증가, 감소 기울기의 조절 등을 수행한다.

(그림 10)은 순시 출력전류 제어기법에 의한 용접기의 출력전압과 전류의 파형으로써 순시 출력전류 제어기법에 의한 용접기가 기존의 용접기에 비하여 용접주기가 규칙적이고 단락주기가 일정하며 출력전류의 피크치가 일정함을 알 수 있다.

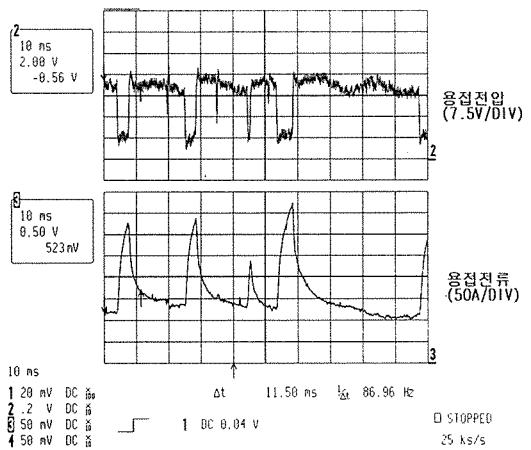
(그림 11)는 (그림 10)의 용접기 출력전압, 전류의 시간축을 제외한 V-I 곡선으로써 2초동안 10,000개의 데이터를 이용하여 작성한 히스토그램이다. (그림 11(a))의 기존의 인버터 용접기의 경우 정상적인 단락이행 이외에 다수의 순간단락 현상이 발생하여 궤적이 규칙적인 모양을 갖지 않고 전압과 전류의 궤적내부에 많은 직선들이 교차함을 볼 수 있다. 이러한 궤적내부의 직선은 금속이행과정이 불규칙하게 일어나기 때문에 발생하며, (그림 11(b))의 순시 출력전류 제어기법에 의해 금속이행과정이 규칙적이면서 순간단락현상이 현저하게 감소하여 기존 용접기의 경우와는 달리 궤적내부에 직선이 거의 나타나지 않고 따라서 대체로 일정한 사각형 궤적을 이루고 있다.

4.5 아크재생 직전검출 제어방식

기존의 파형제어기법의 경우에는 스패터 저감을 위하여 단락이 발생하는 순간 단락전류의 상승을 억제하여 단락시 발생하는 스패터를 저감하는 방

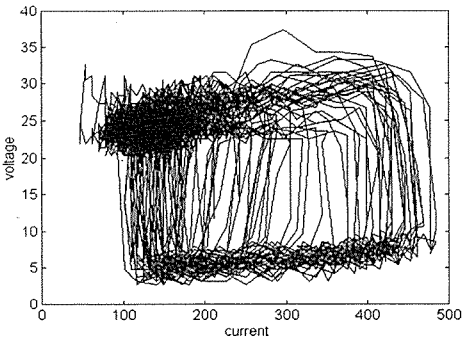


(a) 기존 방식

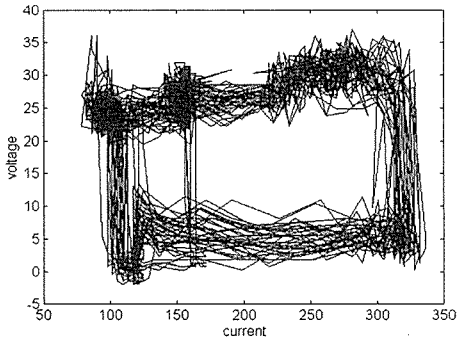


(b) 순시 출력전류 제어방식

(그림 10) CO₂ GMAW의 출력전압 및 전류파형
 Fig. 10 Voltage and current waveforms of CO₂ GMAW (10 msec/div).



(a) 기존 방식



(b) 순시 출력전류 제어방식

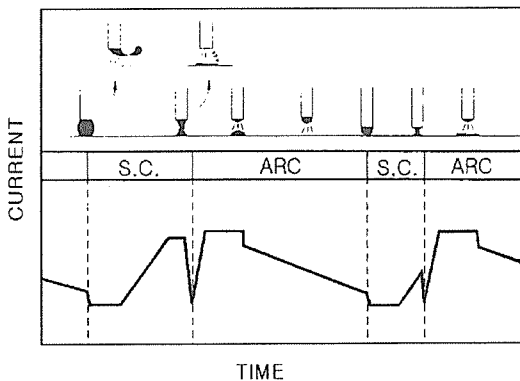
(그림 11) CO₂ GMAW의 V-I 곡선
 Fig. 11 V-I trajectory curves of CO₂ GMAW.

식이었다. 이러한 파형제어방식은 전류가 상승하여 아크가 재생시 발생하는 스파터에 대한 저감효과 없는것이 단점이다. 따라서 아크재생 직전검출 제어방식은 (그림 12)에서 보는 바와 같이 단락시에는 기존의 파형제어기법과 동일한 제어방식을 사

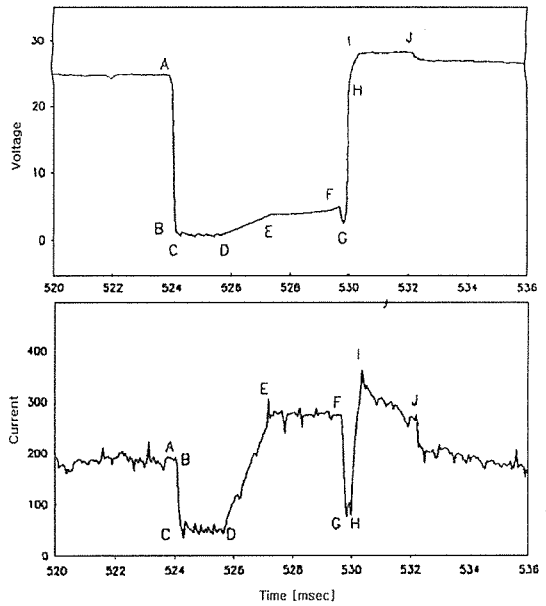
용하고, 아크재생시에는 아크가 재생되기 직전의 순간을 검출하여 출력전류를 급격히 감소시켜 저전류상태에서 아크가 발생하도록 제어함으로써 아크발생시에 발생하는 스파터를 저감하는 제어방식이다. 이러한 아크 재생직전의 검출은 단락상태에

서의 출력전압 크기의 변화율을 검출하여 판단하고, 아크재생이후에는 와이어와 용융풀 사이에 진동에 의한 스패터 발생을 방지하기 위하여 아크재생 직후 펄스형태의 출력전류를 인가함으로써 아크력으로 용융풀을 밀어내도록 제어한다.[8]

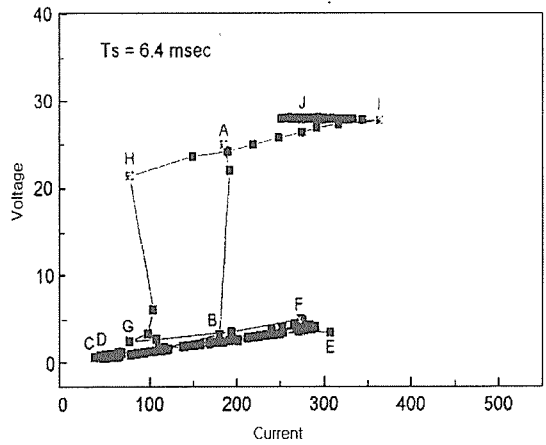
(그림 13)은 이상의 아크재생 직전검출 제어방식의 출력전압 및 전류파형과 V-I곡선으로서 단락 발생시에는 단락지연시간동안 저전류로 유지하고, 아크재생직전에 출력전류를 급격히 감소시켰다가 다시 펄스형태의 출력전류를 인가하는 파형이다. 그림 (b)의 V-I곡선을 (그림 11)과 비교할때 단락 및 아크 발생시 전류제어를 수행함에 따라 V-I곡선이 매우 불규칙한 양상으로 나타남을 알 수 있다. 이러한 아크재생 직전검출 제어방식은 기존의 파형제어기법에 비하여 단락발생시뿐 아니라, 아크발생시에 저전류상태에서 아크의 소멸없이 아크를 재생시키며 스패터 발생을 현저히 감소시킬 수 있는 새로운 제어방식으로 최근 많이 연구되고 있다.



(그림 12) 아크재생 직전검출 제어방식[8]
Fig. 12 Arc regeneration predict method.



(a) 출력전압 및 전류파형



(b) V-I 곡선

(그림 13) 아크재생 직전검출 제어방식의 출력파형(8)

Fig. 13 Output waveform of arc regeneration predict method.

5. 맺 음 말

여기서는 CO₂ GMAW의 스파터 저감으로 용접 성능을 향상시키기 위해 최근까지 주로 연구되고 있는 몇가지의 파형제어기법들에 관하여 소개하였다.

이러한 파형제어기법들은 인버터 제어를 통하여 안정된 정전압 출력특성을 얻는 제어방식에서 전류제어를 통하여 출력전류의 급격한 변동을 방지하는 방식, 그리고 인버터의 순시적인 출력전력 제어를 이용하여 용접기의 금속이행과정중 단락발생시 출력전압을 검출하여 단락전류를 저전류로 제어함에 의하여 단락발생시에 발생하는 스파터를 저감하는 방식으로까지 연구·발전되고 있다. 최근에는 단락발생순간 뿐 만 아니라 아크발생순간을 출력전압의 변화율을 검출하여 순시적으로 출력전력을 제어함에 의해 아크재생시에 발생하는 스파터도 효과적으로 저감할 수 있는 새로운 제어방식들이 많이 연구되고 있다.

향후 CO₂ GMAW의 성능향상을 위해 순시적인 출력전력제어를 통하여 용접기의 금속이행과정에서 발생하는 스파터를 보다 효과적으로 제어할 수 있는 다양한 제어기법들이 계속 연구될 것이며, 스파터 발생에 영향을 미치는 요소인 와이어의 종류나 송급모터의 속도제어에 따른 용접특성에 관한 연구도 병행될 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] 채영민, 최규하외, "인버터 아크 용접기의 단락 이행성능 개선을 위한 순시 출력전류제어에 관한 연구", Trans. KIEE, Vol.48B, No.5, p. 257-263, May, 1999.
- [2] YoungMin. Chae and GyuHa. Choe, "A New

Instantaneous Output Current Control Method for Inverter Arc Welding Machine", IEEE, PESC Proceeding, p. 521-526, July, 1999.

- [3] H. Yamamoto, et.al, "The Development of Welding Current Control Systems for spatter reduction", Welding International, Vol.4 No.5, pp. 398-407, 1990

- [4] T.Mita, "Reduction Spatter in CO₂ Gas-Shielded Arc Welding Waveform Control", Welding International, Vol.3, pp. 227-232, 1989.

- [5] 안영호, 이종봉, 엄동석, "GMA용접의 용적이행현상에 미치는 제인자의 영향", 大韓熔接學會誌 第16卷 第1號, pp. 17-24, 1998.

- [6] 강덕일, 최재호, 장영섭, 김용석, "CO₂ 용접에서 전류 펄스 조건이 스파터 발생에 미치는 영향", 大韓熔接學會誌 第16卷 第4號, pp. 63-72, 1998.

- [7] 김희진, 이창한, "GMA 용접 전원의 최신 파형 제어기법 분석", 大韓熔接學會誌 第16卷 第6號, pp. 26-31, 1998. 10

- [8] 김희진 "용접아크현상 및 응용기술", 공기반보 고서, 1999.

최 규 하 (崔圭夏)

- 1978년 서울대 공대 전기공학과 졸업.
- 1980년 동대학원 졸업(석사).
- 1986년 동대학원 졸업(공박).
- 1987년~1988년 미국 오레곤주립대 객원교수.
- 1998년~1999년 미국 버지니아주립대 교환교수.
- 1997년~1998년 건국대 연구처장.
- 1982년 ~ 현재 건국대 공대 전기공학과 교수.

채 영 민 (蔡榮敏)

- 1993년 건국대 공대 전기공학과 졸업.
- 1995년 동대학원 졸업(석사).
- 1999년 동대학원 졸업(공박).
- 1999년 ~ 현재 Delta PE Lab 연구원, NC, USA.