

서브머지드 아크 용접 시스템의 운용알고리즘 및 용접 특성의 비교

반충환, 한석우¹, 은종목², 김기환³, 최규하
 건국대학교 전기공학과 전력전자연구실, 국제대학교¹, 파워웰², 세명대학교³

Comparison of Welding Characteristics and Operation Algorithm of Submerged Arc Welding system

Choong Hwan Ban, S.W Han¹, J.M Eun², K.H Kim³, Gyu Ha Choe
 Power Electronics Lab. Konkuk Univ., Kookje Univ.¹, POWWEL², Semyung Univ.³

ABSTRACT

본 논문에서는 PIPO로 구성된 서브머지드 아크 용접시스템의 제어와 7개의 동작모드를 가지는 운용 알고리즘을 제안하였다. 또한, 실제 용접 실험에 제안된 알고리즘을 적용하여 AC 출력과 DC 출력 제어 시의 용융속도와 용적이행에 따른 용접부의 차이를 확인하고자 한다.

1. 서 론

용접은 구조물의 조립에 사용되는 생산공정으로 용도에 따라 다양한 공정을 가진다. 용접공정은 열과 압력을 이용하여 재료 접합이 가능하고, 모재의 용융점 이상에서 접합하는 용융용접(fusion welding)과 모재의 용융점 이하에서 접합하는 고상용접(solid state welding)으로 구분할 수 있다. 이 중 본 논문에서 제안하는 서브머지드 아크 용접시스템의 용접 방법은 용융용접으로 열의 영향이 압력보다 커서 열에 의해 재료가 용융되어 모재의 용융점 이상에서 접합부를 형성하는 방법이다. 또한, 서브머지드 아크 용접은 두 모재의 접합부 이음 표면에 입상의 용재, 플럭스를 넣고 플럭스 속에서 용접봉과 모재 사이에 아크를 발생시켜 용접한다. 제안된 서브머지드 아크 용접 시스템은 대형플랜트 산업 분야와 조선 및 해양 구조물의 생산 공정에 많은 부분을 차지하고 있으며, 원자력이나 해양 플랜트의 경우 고압의 압력 용기 및 금속 배관(20mm~200mm 이상) 등의 금속 연결부를 용접하는데 서브머지드 아크 용접을 이용한다. 제안된 서브머지드 아크 용접시스템의 AC용접은 최대 1000A 전류로 고속 용접이 가능하고 큰 용착부와 두꺼운 플러그 용접에 장점을 가진다. DC 용접은 비드 형성, 용입, 용접속도 및 아크 발생 등이 우수하며, 빠르고 정확한 아크 발생과 효율적이고 정밀한 제어가 가능한 장점을 가지고 있다. 용접에서 주로 많이 사용되어지는 텡덤식 용접을 통해 두 개의 전극 와이어를 독립된 전원에 접속하여 용접선에 따라 10~30 mm 정도의 좁은 간격으로 아크를 발생시켜 다량의 용착 금속을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 PIPO 형태의 서브머지드 아크 용접 시스템의 실제 용접 실험을 통하여 출력전원에 따른 용접 성능을 비교하고자 한다.

2. 서브머지드 아크 용접 시스템

2.1 시스템 구성

서브머지드 아크 용접 시스템의 기본 구성은 PIPO(parallel input parallel output)형태로 3상 다이오드 정류기와 풀브리지 컨버터, 하프브릿지 인버터로 구성하였다. 이 시스템은 3상 다이오드를 거쳐서 537V DC link 전압을 생성한 후, DC 전압을 풀브릿지 회로로 교류 전압으로 변환한다. 이어서 고주파 변압기의 변압비에 따라 전압을 변환한 후 2차측 정류부를 통해 50V의 저전압을 하프브릿지 인버터의 스위칭 조건에 따라 AC 출력 또는 DC출력이 결정된다.

표 1. 시스템 계수
 Table 1. System Parameters.

Input Voltage	380 Vac
Output Voltage	50 V
Output Current	1000 A
Switching Frequency	20 kHz
DC link Voltage	537 V
Transformer	14 : 3

2.2 시스템 제어

2.2.1 서브머지드 아크용접시스템 제어

서브머지드 아크 용접시스템의 제어는 단일루프로 정전류제어와 정전압 제어를 각각 사용할 수 있다. 정상상태 오차를 줄이기 위해 그림 1과 같은 적분기를 채용한 상태제환 제어기를

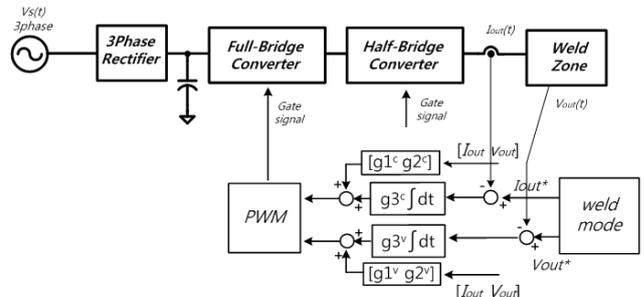


그림 1. 서브머지드 아크 용접시스템의 제어도
 Fig. 1. Control block of SAW system

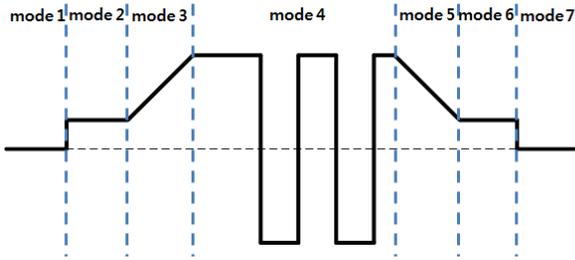


그림 2. 서브머지드 아크 용접시스템의 동작 모드
Fig. 2. Operation mode by SAW system

구성하여 안정적인 제어기를 구성하였다. 제어기의 이득은 아래의 식과 같이 선정할 수 있으며, 해석이 용이한 것을 확인할 수 있다.

$$g_1^{v,c} = 2(p_1 + p_3)L$$

$$g_2^{v,c} = -[(p_1^2 + p_2^2 + 2p_1p_3)LC - 1]$$

$$g_3^{v,c} = -(p_1^2p_3 + p_2^2p_3)LC$$

2.2.1 운용 알고리즘

서브머지드 아크 용접시스템의 용접 운용 알고리즘은 그림 2와 같이 크게 7가지의 모드로 구분된다.

- mode 1 : 용접 시작을 위한 용접부의 송급모터를 조절 모재와 와이어의 접합($V_{out} = 0$)이 되도록 설정
- mode 2 : 용접 시 낮은 전류로 시스템이 동작되는 구간
- mode 3 : 전류 상승구간
- mode 4 : 용접 구간
AC 출력전원제어 or DC 출력전원 구간
- mode 5 : 전류 하강구간
- mode 6 : 용접이 마무리되는 구간
(낮은 전류로 짧은 시간동안 동작)
- mode 7 : 용접 종료



그림 3. 서브머지드 아크 용접시스템
Fig. 3. Experiment set of SAW system

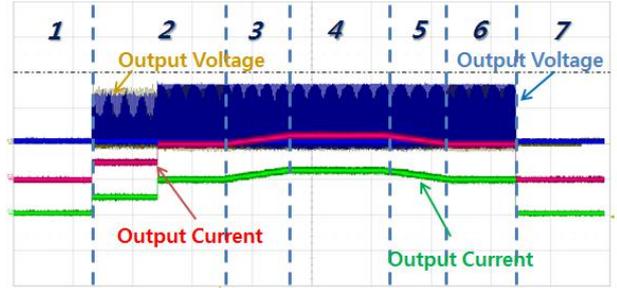


그림 4. 동작모드를 적용한 실험 파형
Fig. 4. Experiment waveform apply to operation mode



그림 5. 서브머지드 아크 용접 시스템의 실험 시료
Fig. 5. Experiment sample of SAW system

3. 실험

실험에 사용되어진 서브머지드 아크 용접시스템은 그림 3과 같다. 그림 4는 서브머지드 아크용접시스템의 실험 파형이며, 출력전압, 전류를 나타내었다. 또한, 앞 절에서 언급한 운용 알고리즘을 적용하였으며, 모드 1~ 모드 7로 동작하는 것을 실험을 통하여 확인하였다. 그림 5의 (a)는 DC출력제어 시의 용접부이며, (b)는 AC 출력 제어 시의 용접부를 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 PIPO 형태로 구성된 서브머지드 아크 용접 시스템의 AC/DC 겸용 출력 운용 알고리즘과 용접부의 성능을 향상시킬 수 있는 용접 시퀀스를 적용하여 실험을 진행하였다. 이 실험을 통해 AC 출력 제어시에 DC 출력 전원에 비해 positive 와 negative 극성이 주기적으로 반복되기 때문에 와이어 용융속도와, 안정된 아크와 용적이행의 장점 그리고 용접부의 비드가 더 일정하고 균일하게 된 것을 용접실험을 통해 확인할 수 있었다.

○ 본 논문은 중소기업청의 중소기업 기술혁신 개발사업 “미래선도과제”의 일환으로 수행되었습니다.(S204471)

참고 문헌

- [1] 채영민 외 5명 “인버터 아크 용접기의 파형제어기법 및 성능향상에 관한 연구”, 전력전자학회 논문지, 제 4권 제 2호 1999.4 page(s):128 137
- [2] 반충환 외 3명 “서브머지드 아크 용접시스템의 제어 알고리즘 연구”, 전력전자학회 2014 하계학술대회 논문집 2014.7, page(s):69 70
- [3] Jian Min Wang, “A Simple Inverter for Arc Welding Machines with current doubler Rectifier”, IEEE Trans. Ind., Electronics., vol. 58, no. 11, pp.5278 5281, Nov. 2011