

AC와 DC 저항용접에서 통전시간과 용융효율의 관계 검토를 위한 고속카메라의 적용

Application of high speed camera for investigation of relationship between welding time and melting efficiency in the AC and DC resistance welding

고미혜*, 문영덕*, 김진욱*, 장영태**, 김상영** 조상명***

* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

** KVT

*** 부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공, pnwcho@pknu.ac.kr

1. 서 론

저항용접은 자동차, 가전제품 등 박판 산업에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 최근 Arc 용접에서 용융효율에 관한 연구가 많이 보고되고 있지만 저항용접에서는 아직까지 용융효율의 개념을 적용하지 않고 있다.

따라서 본 연구는 단상AC와 인버터DC 전원을 사용하여, 동일한 Heat input을 유지하면서 통전시간에 따른 용융효율을 계산하였다.

통전시간에 따른 용융효율의 관계 검토를 위해, 고속카메라를 사용해 용접 중 너깃부의 가열 용융 상태를 촬영하였다.

2. 사용 재료 및 실험 방법

2.1 사용 재료

본 연구에서 사용된 피용접재는 두께 1.0mm의 CR강판이었다. 전극은 도전을 75%이상의 크롬동이었으며, 직경 16mm, 선단경 6mm 및 R75인 CR type이었다.

2.2 실험 방법

2.2.1 통전시간과 용융효율 관계 검토 실험

동일 Heat input에서 통전시간과 용융효율 관

계를 보기 위해, 기준 Heat input은 단상AC 전원으로 가압력 200kgf, 통전시간 8cycle에서 $5\sqrt{t}$ 가 되는 950J로 하였고, Heat input 계산은 식1)로 하였다.

$$Q = I^2 Rt = IVt, J \quad 1)$$

여기서, I: 전류, A R: 저항, Ω
t: 통전시간, sec V: 전압, V

실제 용접시 Heat input은 $950 \pm 9.5J$ 사이에서 하였다. 실험조건은 Table 1과 같다.

Table 1 Welding condition for same heat input

	Welding time	6cycle	8cycle	12cycle	16cycle	20cycle	40cycle
Single phase AC	Welding condition	7095A 1.37V	5942A 1.19V	4946A 0.96V	4327A 0.83V	3835A 0.75V	2266A 0.63V
	Heat input	951J	943J	950J	958J	959J	952J
Inverter DC	Welding condition	6812A 1.40V	5726A 1.25V	4542A 1.04V	3885A 0.91V	3373A 0.85V	2133A 0.67V
	Heat input	954J	955J	945J	943J	956J	953J

용융효율(ME) 측정은 식 2), 3)을 사용하였고, 너깃 체적(V_N)은 너깃 중앙을 절단한 후 부식시켜 Digitizer로 너깃의 단면적을 구하여 그 좌우를 각각 3D rendering으로 입체형상을 얻어서 구하였다.

$$Z_{mRSM} = \frac{Q_m \times V_N}{I \times V \times t} \quad 2)$$

$$ME_{RSM} = \frac{Z_{mRSM}}{Q_m} = \frac{V_N}{I \times V \times t}, \text{ mm}^3/\text{J} \quad 3)$$

여기서, Z_{mRSM} : 저항용접에서 Melting efficiency
 Q_m : 용접 금속을 녹이는데 쓴 에너지, J/mm^3
 V_N : 너깃 체적, mm^3
 I : 전류, A V : 전압, V t : 통전시간, sec

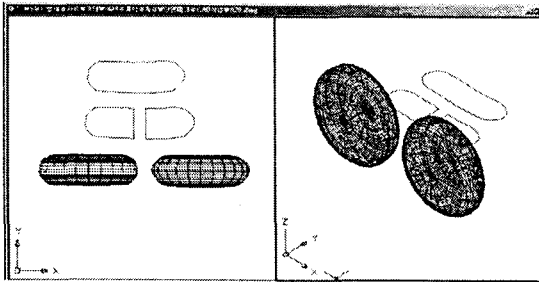


Fig. 1 Digitizing and 3D rendering for calculation of nugget volume

2.2.2 고속 카메라에 의한 촬영 방법

고속촬영은 Fig. 2와 같이 하였고, 전극을 1/2 절단하였으므로 Heat input 및 가압력을 1/2로 낮추었다. 고속카메라 설정 및 사용 Filter는 Table 2와 같다.

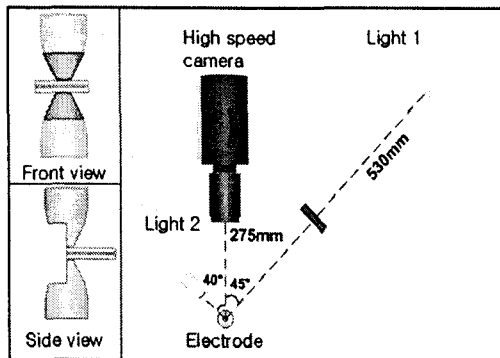


Fig. 2 Experimental set up by high speed camera

Table 2 Photographing condition for high speed camera

Item	Specification
High Speed camera	Phantom V.7.2
Picture per sec	12,000 PPS
Light	250W * 2EA
Lens	105mm F2.8

용접전류는 20kA급 홀센서를 사용하고, 용접 전압은 10V 센서를 사용하여 12kHz의 샘플링 주파수로 스팟 모니터링 시스템(WSM3000N)에 의해 계측하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 통전시간과 용융효율의 관계

Table 3은 Heat input 950J에서 통전시간에 따른 용접부의 단면 마크로를 나타낸 것이다. 통전시간이 길어지면 너깃은 작아지고, 코로나분드는 증가하였다. 단상AC전원의 6cycle에서는 용접시 날림이 발생하였다.

Fig. 3은 전원별 통전시간에 따른 너깃 체적을 나타낸 것이다. 통전시간이 감소하면 너깃 체적은 증가하였고, 인버터DC는 단상AC에 비해 큰 너깃 체적을 나타냈다. 40cycle에서는 두 전원 다 용접되지 않았다.

Table 3 Macro section by variation of welding time (950J)

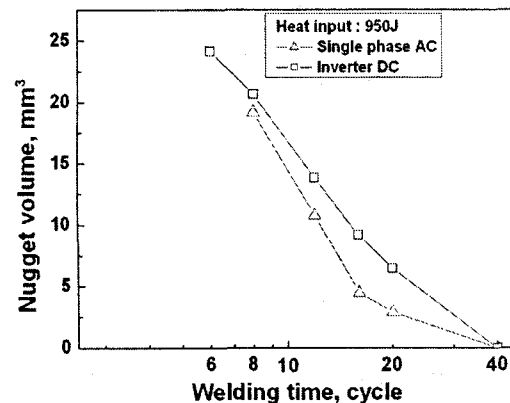
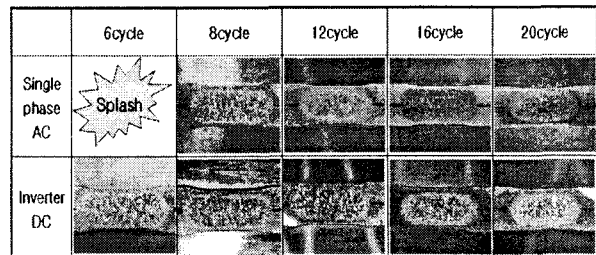


Fig. 3 Relation between welding time and nugget volume

Fig. 4는 전원별 통전시간에 따른 용융효율ME를 나타낸 것이다. 통전시간이 감소하면 용융효율은 증가하였고, 인버터DC가 단상AC에 비해

높은 용융효율을 나타냈다.

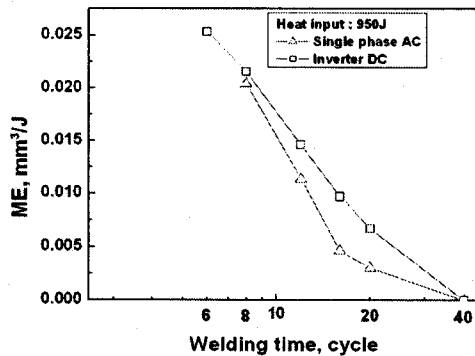


Fig. 4 Relation between welding time and ME

3.2 고속촬영에 의한 통전시간과 용융효율의 관계 검토

Fig. 4의 결과를 분석하기 위해 12,000PPS로 고속 촬영하여 너깃부의 가열 용융 상태를 검토 하였다.

Fig. 5와 6은 단상AC 및 인버터DC에 의해 8cycle로 용접하였을 때 파형과 스틸사진이다. Fig. 5의 단상AC 전원에서는 반cycle동안 100장의 스틸사진이 고속 촬영되므로 촬영주기는 1/12000초 이었다.

Fig. 5의 위치①, ④는 Peak 전류에서의 용접부 사진이고 위치②, ③은 Cool time에서의 사진이다. 전류 Peak치에서 용융속은 극대치를 보이고 Cool time마지막 순간의 위치②에서는 용융속이 작아져 있는 것을 볼 수 있다. 그러나 같은 Cool time이 마지막 부분일지라도 위치③에서의 용융속은 다소 쪼렸고, Peak 전류 ④에서의 용융속도 ①에 비해 더 커진 것으로 나타났다.

Fig. 6의 위치①은 용접 초기로 펄터 효과에 의해 +전극(하부전극)에서부터 발열되는 것을 볼 수 있다. 위치②는 너깃이 생성된 직후로서 이미 펄터 효과는 소멸되어 상하 대칭의 너깃으로 되어있는 것을 볼 수 있다. ④는 통전 마지막 위치로 단상AC와 거의 동일한 Heat input이지만 Fig. 5의 위치④보다 더 많은 용융속이 생기는 것을 확인할 수 있다.

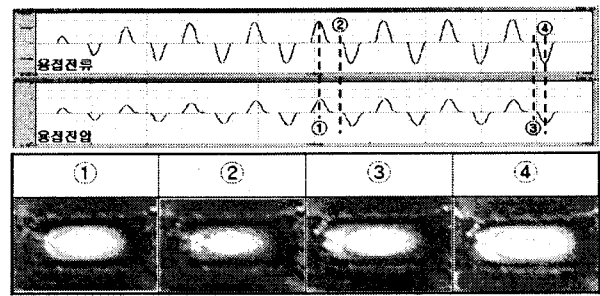


Fig. 5 Single phase AC, Welding time : 8cycle

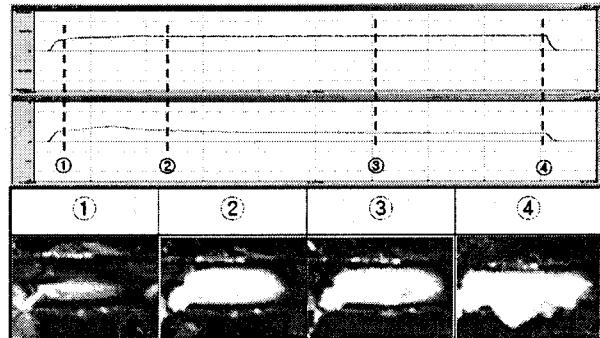


Fig. 6 Inverter DC, Welding time : 8cycle

4. 결 론

- 1) 같은 입열량으로 용접할 때 통전시간이 짧아지면 너깃 체적이 증가하였다. 이는 전도열손실이 감소하여 용융효율이 증가하였기 때문이라고 판단된다.
- 2) 같은 입열량으로 용접할 때 단상AC 전원보다 인버터DC 전원의 경우가 더 높은 너깃 체적 및 용융효율이 나타났고, 이 현상은 고속촬영 결과에서도 확인할 수 있었다.
- 3) 12,000PPS의 고속촬영 결과에 의하면 인버터DC에서는 너깃부의 온도 변화가 그다지 심하지 않았지만 단상AC 전원에서는 전류 파형에 따라 심하게 온도변화가 생기는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 단상AC 전원에서 통전시간을 짧게 하면 너깃부의 심한 온도 변화로 인해 날림이 쉽게 발생할 수 있는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Lane C.T, Sorensen C.D., Hunter G.B., Gedenon S.A, and Eager T.W. :Cinematography of Resistance Spot Welding of Galvanized Steel Sheet, Welding Journal, Vol.66, No. 9(1987),p260-265