

구리 초음파 스폿 용접에서 파형해석을 통한 용접품질 평가

Welding quality evaluation by waveform analysis on copper ultrasonic spot welding

김효원*, 황규민*, 유병승**, 조상명***

* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

** (주) 테크소닉

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

1. 서 론

초음파 용접은 가압을 한 모재에 고주파의 기계적 진동을 국부적으로 가하여 단시간에 용접하는 방법이다.

현재 플라스틱 용착뿐만 아니라 금속 용접에도 초음파 용접이 널리 적용되고 있으나 용접품질과 Horn tip 수명 평가에 대한 기법은 미비한 실정이다. 이 등²⁾과 J. Tsujino³⁾ 등은 인장강도를 이용하여 용접 품질을 논하였다. 그러나 이 방법은 용접공정 중에 품질평가를 바로 할 수가 없으므로 불량 발생 시, 다량의 손실을 가져올 수 있다. 따라서 In-line 품질 모니터링에 의한 품질평가 기법과 Horn tip 수명 평가 기법 확립이 절실히 필요한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 용접 모니터링을 실시하여 파형해석을 통해 용접품질을 평가하였다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1 실험 재료

24점의 용접점을 한번에 형성시킬 수 있는 혼을 사용하여 길이 50mm × 폭 20mm × 두께 0.2mm의 동을 Fig. 1과 같이 용접하였다.

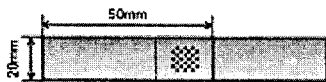


Fig. 1 Schematic of specimen

2.2 실험 방법

Air cylinder 가압방식의 주파수 20kHz의 초음파 스폿 용접기(Techsonic 제품)를 사용하였다. 용접시 파형 획득은 WSM 3000N(모니텍 주식회사)을 사용하였다. Table 1은 실험조건을 나타낸다.

Fig. 2의 Stopper 조절 장치를 사용하여 양품의 용접이 되는 조건을 Stopper 위치 Level 0로 정한 후 Level ±2까지 5단계로 조절하여 각 6회 반복 실험을 실시하였다. Stopper 위치가 “+” Level로 갈수록 Horn tip과 Anvil 사이의 거리가 줄어들게 된다.

Table 1 Welding condition for experiments

Fixed	Welding pressure	4.5 kgf/cm ²
	Welding time	0.3 sec
	Vibration amplitude(30μm)	50 %
Varied	Stopper position	Level -2, -1, 0, 1, 2

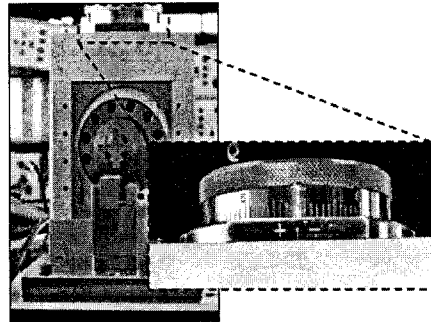


Fig. 2 Stopper control system on the welding machine

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 용접품질의 분류 및 정의

Table 2 Classification and definition of Welding quality

	Incomplete welding	Insufficient welding	Good welding	Excessive welding
Fractured surface				
Fractured load, P _F (kgf)	P _F <25	25 ≤ P _F <35	35 ≤ P _F ≤ 45	P _F >45

0.2t의 구리 초음파 스폿 용접부 품질에 대하여 Table 2와 같이 미용접, 부족용접, 정상용접, 과용접으로 분류하였다.

3.2 Stopper 위치 변경에 따른 인장강도 검토

가압력, 용접시간, 진폭을 고정하고 Stopper 위치를 변경하여 용접한 후 각 조건별로 3회씩 인장시험을 하였다. 그 결과는 Fig. 3과 같고, 파단면을 Stopper 위치 Level별로 Fig. 4에 나타내었다.



Fig. 3 Relation between stopper position and Fractured load

Stopper 위치 Level -2의 경우 평균 파단하중이 18.41 kgf로써 정상용접 시의 파단하중에 크게 못 미쳤다. 또한 Fig. 4 (a)에서 보는 바와 같이 파단면에 Knurl 자국이 거의 없다.

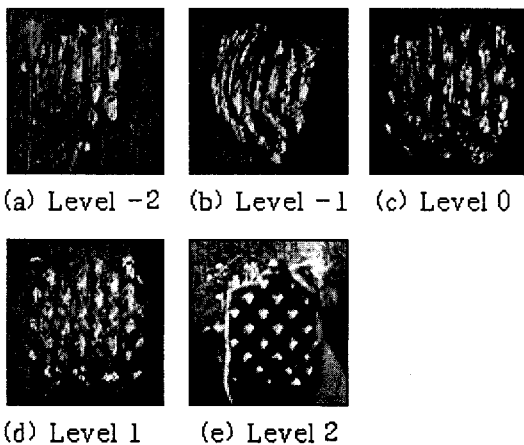


Fig. 4 Surface after tensile tests

Stopper 위치 Level -1은 부족용접이고, Level 0는 정상용접이다. 정상용접의 경우 파단면은 Knurl 자국이 선명하게 보이며 연성 파단된 모습이 나타난다. Stopper 위치 Level 1과 2는 과용접이다. 특히,

Level 2의 경우 모재파단(찢어짐)이 일어났다.

3.3 Stopper 위치 변경에 따른 용접 파형 검토

Fig. 5에 초음파 스폿 용접 파형을 나타내었고, Fig. 6은 Stopper 위치 Level에 따른 전류와 전압의 평균값을 각각 나타낸다.

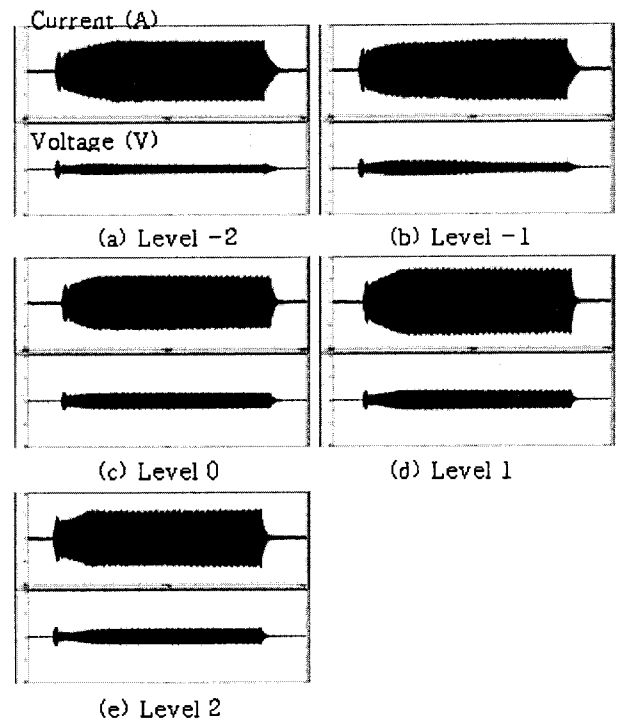


Fig. 5 The welding waveform with stopper position

Stopper 위치 Level에 상관없이 전류와 전압의 용접 파형 패턴은 비슷하게 나타났다. 그러나 Stopper 위치가 "+" Level로 갈수록 전압이 선형적으로 증가하였다. 미용접에 비해 과용접의 전압이 약 3배정도 높게 나타났다.

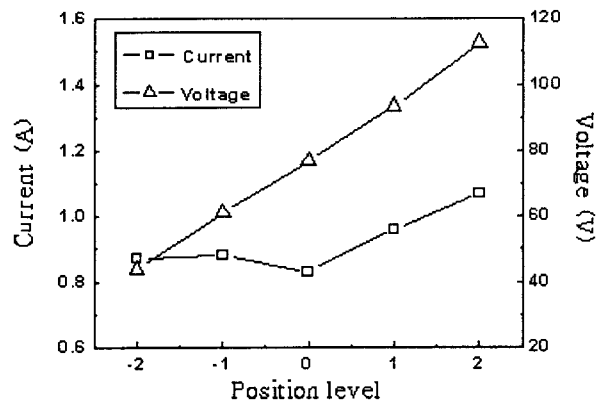


Fig. 6 The effect of stopper position on current and voltage

Stopper 위치 Level에 따른 임피던스의 변화는 Fig. 7에서 보여 진다. 김 등의 논문에 따르면 임피던스가 클수록 인장강도가 크게 나타나는 경향이 있다고 보고 되었다.⁴⁾ 본 연구에서도 Stopper 위치 Level 2의 임피던스가 가장 크고, 임피던스와 인장강도 사이에 비례하는 경향이 나타났다.

그러나 Stopper 위치 Level 2의 에너지는 Fig. 8에서 보는 것과 같이 정상 용접에 비해 약 1.5배 정도 높다.

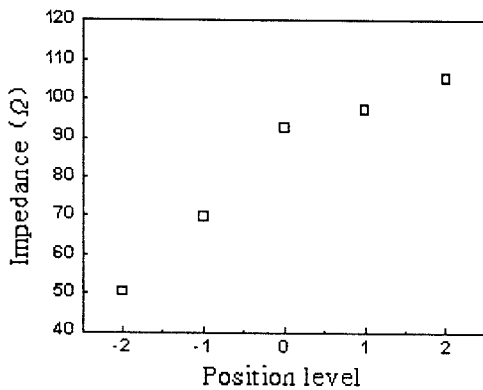


Fig. 7 Relation between stopper position and impedance

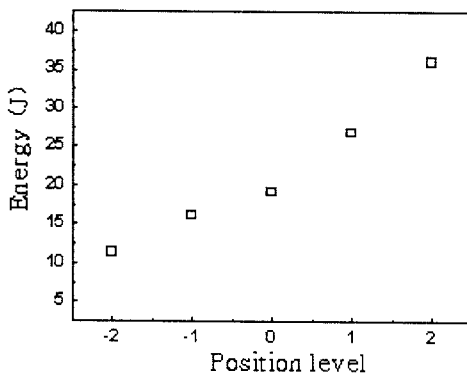


Fig. 8 Relation between stopper position and energy

이러한 과용접의 경우, 건전한 용접부를 형성하기 힘들뿐만 아니라 Horn tip 마모를 초래하게 된다. 초음파 용접에서 Horn tip은 소모품으로써 고비용으로 작용하기 때문에 높은 에너지를 사용하는 용접은 지양되어야 한다. 또한 잦은 Horn 교체는 생산성 저하와 추가 공수를 필요로 하게 된다.

Fig. 9는 Stopper 위치 Level에 따른 에너지와 임피던스 및 용접품질과의 상관관계를 나타내었다. 이 결과는 Table 2의 파단면과 파단강도에 의한 용접품질 분류와도 일치한다. 따라서 용접 파형 해석을 통하여 용접품질을 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

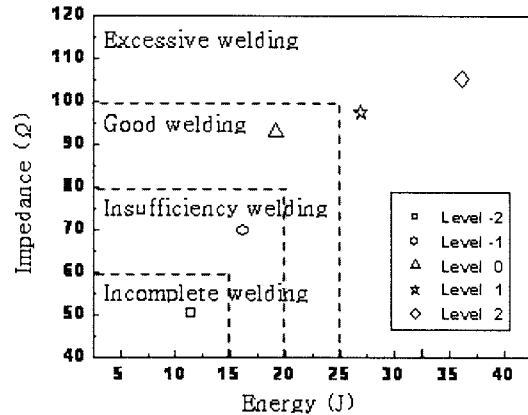


Fig. 9 Relation between energy and impedance with welding quality

4. 결 론

구리 초음파 스폿 용접에서 파형해석을 통한 용접 품질 평가 연구에 의해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 0.2t를 2장 겹친 구리 초음파 스폿 용접부의 품질에 대해 미용접, 부족용접, 정상용접, 과용접으로 분류하고 정의하였다.

2) Stopper 위치를 "+" Level하여 Horn tip과 Anvil간 거리를 짧게 할수록 인장강도가 증가하는 경향을 보였다.

3) Stopper 위치 변경 실험에서의 전류와 전압 파형은 전체적으로 비슷한 패턴을 보였으나, Stopper 위치가 "+" Level로 갈수록 전압이 선형적으로 증가하였다.

4) 임피던스와 에너지의 상관관계를 통하여 용접품질을 분류하였다. 파괴시험인 인장시험을 하지 않고도 용접 파형 해석을 통하여 In-line 용접 품질 평가가 가능할 것이라 생각된다.

참 고 문 헌

1. AWS: Welding handbook, Vol 3, 7th Ed (1984), 279-310
2. Chul Ku Lee, Byung Ju Hwang, In Ho Heu: Bonding of Electric Wire by Ultrasonic Welding, 한국공작기계학회지, Vol. 9 No. 4, (2000.8), 41-46
3. J.Tsujino, T. Ueoka, T. Kashino, F. Sugahara: Transverse and torsional complex vibration systems for ultrasonic seam welding of metal plates, Ultrasonics, Vol. 38, (2000), 67-71
4. 김대만: Al 다점 초음파용접에서 반응표면분석법의 적용과 파형 해석에 의한 품질 평가, 부경대학교 공학석사 학위논문, (2007. 2.)