

## 태양열집열판의 초음파 심용접 시 접합부 강도에 미치는 공정변수의 영향

### Effects of welding parameters on ultrasonic bonding strength of solar collector

이정환\*, 김숙환, 천창근, 김성욱\*\*, 김종도\*\*\*

\* 한국해양대학교 대학원

\*\* 포항산업과학연구원 용접센터

\*\*\* 한국해양대학교 기관시스템공학부

**ABSTRACT** This study was performed to find the best bonding conditions by comparing mechanical properties in solar collector. The solar collector that consists of copper plate and tube was successfully bonding by ultrasonic seam welding. In this experiment, we varied the values of welding pressure and welding amplitude and fixed the values of speed and frequency. Consequently, it was find that the welding pressure had higher effect on bonding strength than the welding amplitude.

## 1. 서 론

현대문명은 에너지와 물질의 대량소비를 전제로 해서 성립되었고 지금까지 국민 1인당 연간 에너지 소비량이 그 나라의 풍유를 나타내는 파라미터가 되어왔다. 그러나 최근 에너지 위기로 마클럽이 [성장의 한계]에서 언급한 것처럼 지구 에너지 자원은 유한하고 또한 환경용량에도 제약이 있다는 것이 인식되면서 대체에너지 및 환경문제가 전 국가적인 과제가 되었고 이에 대한 연구가 진행되고 있다<sup>1)</sup>.

태양열 이용 시스템도 그 중 하나로 우리나라를 포함한 대부분의 나라에서 신재생 에너지 이용 시스템에 대한 의무화 제도를 시행하여 강제하거나, 지원 제도를 통해 소비자의 부담을 줄이는 방법 등으로 보급하고 있다<sup>2)</sup>.

태양열시스템은 크게 태양열을 모으는 집열판과 열전달 물질인 작동유체의 통로 역할을 하는 열파이프로 구성되어 있으며, 이 두 가지 요소의 접합은 에너지 전달손실을 최소화할 수 있는 공정이 적용되어야 한다.

따라서, 본 연구에서는 태양열 집열판과 열파이프를 고상용접공정인 초음파 용접을 사용하여 공정변수와 접합부 강도를 비교하는 동시에, 그 메카니즘을 규명하고자 하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 태양열집열판의 초음파 심 용접

초음파 용접은 통상의 방법으로는 용접이 어려운 동종금속이나 이종금속의 용접에 사용된다. 가장 효과적으로 적용되고 있는 분야는 박판이나 포일(foil)과 같이 매우 얇은 층의 부품을 접합할 때 또는 전선류를 터미널이나 솔더링으로 접합하지 않고 용접하는 경우에 적용되고 있으며 최근에는 자동차산업, 중화학공업, 조선 및 우주항공 분야의 구조체 용접용으로 활용되고 있다.

초음파 용접의 메카니즘에 대한 견해는 차이가 있으나 일반적으로 국부적인 고주파 진동에너지와 압력의 인가를 통하여 금속표면의 산화막을 제거함으로써 두 금속사이의 순수 원자층을 드러나게 하여 접촉계면에서 원자 확산에 의한 결합으로 보고되고 있다. 또한 모재를 용융시키지 않고 건전한 야금학적 결합부를 얻을 수 있는 특징<sup>3,4)</sup>이 있기 때문에 본 실험에서 태양열 집열판의 용접에 적용되었다.

0.2mm 두께의 집열판은, 흡수율은 높이고 방사율을 낮추기 위해 동판에 티타늄을 코팅하였으며 열파이프는 외경 8mm, 내경 7mm의 무산소 동관을 사용하였다.

## 2.2 실험방법

초음파 심용접의 공정변수로는 크게 진폭, 가압력 및 이동속도를 들 수 있으며, 본 실험에서 이동속도는 2m/min으로 고정하고 진폭과 가압력 변화에 따른 기계적 특성을 평가하고자 하였다.

Table 1에 본 실험에서 사용된 공정변수와 그 조건을, Fig. 1에 초음파 심용접기와 접합이 완료된 태양열집열판의 모습을 각각 나타낸다.

Table 1 Ultrasonic welding conditions

Welding parameters	Ranges
Power	3000Watts(3600max.)
Frequency	20kHz
Welding speed	2m/min
Pressure	26~76psi
Amplitude	10~70 $\mu$ m

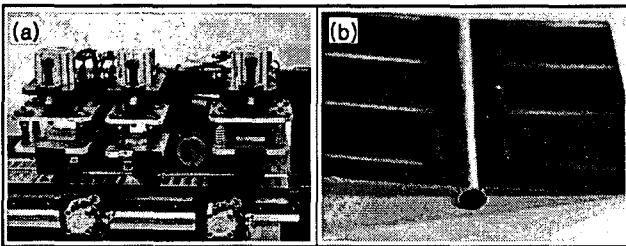


Fig. 1 The photos of (a)Ultrasonic seam welding machine and (b)sollar collector

용접이 완료된 시험재는 조건 당 총 7개의 인장시험편을 제작하였으며, 오차의 범위를 최소화 하기 위해 최대값과 최소값을 버리고 평균값을 구했다. 또한 용접진행방향 100mm 지점에서 조직시험편을 일괄적으로 채취, 접합부 강도와 조직과의 비교 검토를 실시하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 공정변수와 접합강도의 관계

공정변수와 접합강도의 관계를 규명하기 위해 우선적으로 진폭을 고정시키고 가압력만 변화시켜 얻어진 실험결과를 Fig. 2에 나타내고, 반대로 가압력을 고정하고 진폭을 변화시켜 얻어진 결과를 Fig. 3에 각각 나타내었다. 또한 집열판에 초음파 용접 후 생긴 압흔(knurling부)을 비드 폭이라 정의하고 진폭과 비드 폭의 관계를 비교하여 Fig. 4에 나타내었다.

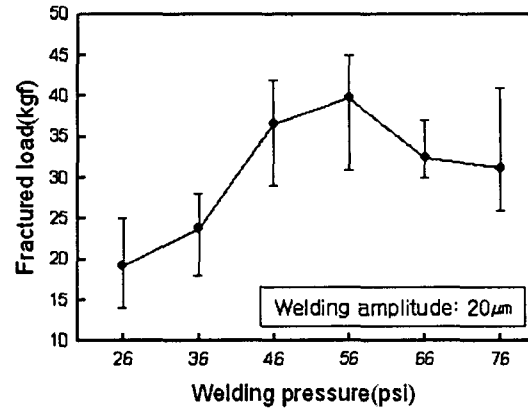


Fig. 2 Variation of fractured load as function of welding pressure

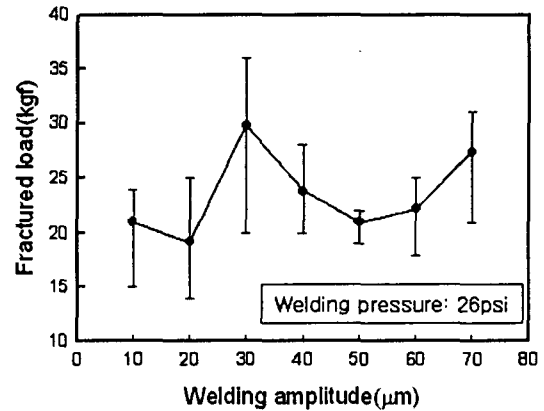


Fig. 3 Variation of fractured load as function of welding amplitude

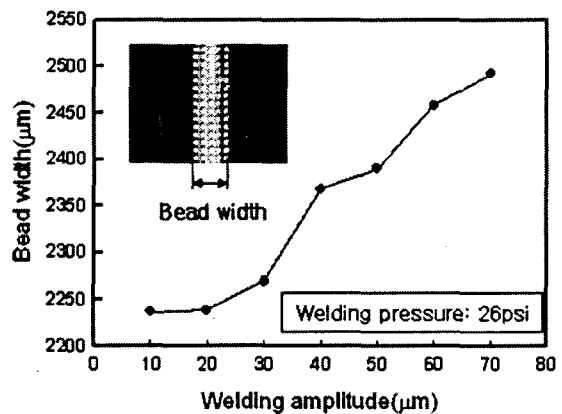


Fig. 4 Variation of bead width as function of welding amplitude

Fig. 2에서 확인할 수 있듯이, 가압력이 증가할수록 접합강도 또한 증가하나 일정범위를 넘어 서게 될 경우 오히려 하락하는 경향을 나타내었다. 이는 과도한 가압력이 접합면의 변형을 심하

게 일으켜, 오히려 접합강도를 떨어뜨리기 때문이다.

또한 Fig. 3과 Fig. 4에서 진폭이 증가할수록 비드 폭은 비례하여 증가하나 접합강도는 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며 30 $\mu$ m를 제외하고는 평균 20~25kgf의 낮은 접합강도를 나타내었다.

이는 진폭이 소노트로드(sonotrode)와 직접적으로 접촉하는 집열판 표면의 압흔에는 영향을 미치나 적정압력이 주어지지 않는다면 접합계면에 충분한 소성변형이 발생하지 않기 때문이라 생각된다.

따라서 초음파 용접에서 우선적으로 선택되어야 할 변수는 가압력이며 적정 압력 범위에서 진폭을 조절할 필요가 있다는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.2 공정변수와 접합부조직

가압력 변화에 따른 접합부계면의 조직사진을 Fig. 5에 나타내었다.

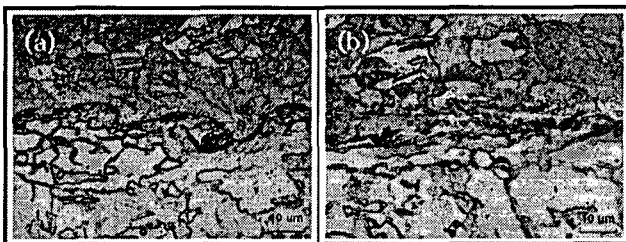


Fig. 5 Microstructure of contact interface (amplitude:20 $\mu$ m) (a):26psi, (b):46psi

Fig. 5에서 알 수 있듯이 가압력이 증가할수록 양호한 접합부가 형성되며 계면조직 특성상 접합계면이 소실되어 감을 확인할 수 있었다.

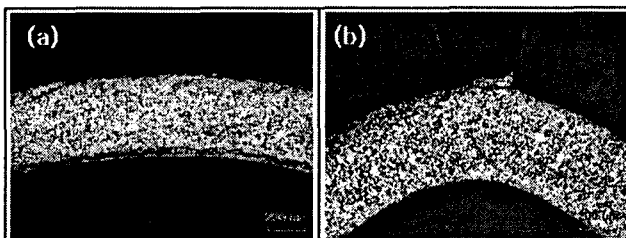


Fig. 6 The photo of fractured interface at heat pipe(amplitude:20 $\mu$ m) (a):26psi, (b):56psi

Fig. 6은 인장결과 열파이프 쪽 파단면의 모습을 나타낸 것으로 20 $\mu$ m, 26psi의 경우에 비해 20 $\mu$ m, 56psi의 경우 접합부에 집열판의 일부가 고착

되어있는 모습을 확인할 수가 있었다. 이는 초음파 접합부가 모재보다 강도가 높아 생긴 결과로 건전한 접합부가 형성되었음을 확인할 수 있었다.

## 4. 결 론

초음파 공정변수를 변화시켜 태양열집열판을 접합하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 가압력이 증가할수록 인장강도는 증가하였으나 적정범위를 넘어서게 될 경우 과도한 변형에 의해 오히려 하락하는 경향을 나타내었다.
- 2) 진폭이 증가할수록 비드 폭은 비례하여 증가하였으나 인장강도와는 특별한 상관성을 찾을 수 없었다.
- 3) 성공적인 초음파 용접을 위해선 우선적으로 가압력이 정해져야 하며, 적정 가압력의 범위 내에서 진폭을 변화시킬 필요가 있음을 확인할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. 田中俊六 : 太陽熱冷暖房システム, オーム社, (1977), 9
2. 이동원: 태양열 이용기술, 설비저널, Vol. 33, No. 10, (2004. 10), 12-16
3. 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
- 4.. AWS: Welding handbook, Vol 2, (1991), 783-811