

초음파 진동자의 공정변 수에 따른 이종재료 접합 강도 시험 및 분석

Analysis of the Bonding Strength of Dissimilar Materials According to the Process Parameters of Ultrasonic Transducer

*이동욱¹, #전의식²

*D. W. Lee¹, # E. S. Jeon(osjun@kongju.ac.kr)²

^{1,2}공주대학교 기계공학과

Key words : Vacuum Glazing, Ultrasonic bonding, BLT(Bolt-clamped Langevin-type Transducer)

1. 서론

세계지속가능발전기업협의회(WBCSD)는 전 세계 에너지 사용량의 40%가 건물에서 소비된다고 발표하였다.¹⁾ 건축물에서 손실되는 에너지 흐름을 살펴보면 창호, 지붕, 벽체 등에서 발생하는 것을 알 수 있고, 특히 창호를 통한 열 손실은 전체 건물 열손실의 최대 20~45%로 큰 비율을 차지하고 있다.

이러한 창호에서의 에너지 손실을 줄이기 위한 방안 중 하나로 일반 창호 대신 진공 유리를 사용하는 방법이 있다. 진공유리는 두 장의 유리 사이 간극을 띄워 모서리를 접합하여 진공상태를 유지하는 패널을 말하며 지지대 배치 기술과 모서리 접합 기술 그리고 진공 배기 봉지기술이 대표적인 핵심공정기술이다. 기존의 진공 배기 봉지기술의 선행연구로는 Frit 활용한 Cap 접합과, 진공 고온 챔버를 사용하기 때문에 설비비가 고가인 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 초음파 진동자를 이용한다면 상온에서 봉지기술을 구현할 뿐만 아니라 진공 챔버를 사용하지 않기 때문에 설비비가 감소하게 된다.

이에 본 논문에서는 선행 연구되었던 초음파 진동자를 이용하여 초음파 접합 시험을 실시하였고, 접합부의 강도를 측정하기 위하여 초음파의 조사 시간, 구동 전압을 공정변수로 설정하고 실험계획법을 이용하여 최적공정조건을 도출하였다.

2. 초음파 접합강도 시험 장치의 구성

초음파 접합은 고주파 전원으로 진동자를 진동계 전체에 공진주파수로 공진 시키고, 이 진동을 진동공구에 전달하여 진동폭을 만들고 접합하고자 하는 대상에 압력과 진동에너지를 이용하여 접합하는 방식이다.²⁾ 본 논문에서 사용된 초음파 진동자는 이종재료 접합을 하기 위해 고유진동수 60 kHz를 만족하는 란주반형 형태이며 Fig. 1과 같다.

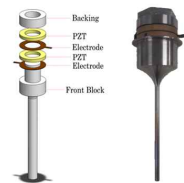


Fig. 1 Bolt-clamped Langevin type transducer

2.1 초음파 접합 시험 장치의 구성

초음파 접합 시험을 위한 시스템은 초음파 진동자를 구동할 수 있는 함수 발생기와 파워앰프, 그리고 60 kHz 초음파 진동자로 구성되어 있다. 또한 솔더를 용융할 수 있는 온도 조절 시스템과 히터로 구성된다. Fig. 2는 초음파 접합 시험 장치를 나타낸다.

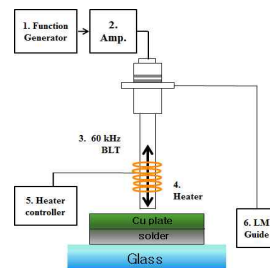


Fig. 2 Ultrasonic bonding system

2.2 초음파 접합 강도 시험 방법

Fig. 2와 같은 방법을 통해 유리와 솔더를 초음파 접합 후 Fig. 3의 측정 장비를 사용하여 3 mm/min의 속도로 유리와 동판을 분리시키며 접합부의 강도를 측정하였다.



Fig. 3 Schematic diagram of tensile strengths test

3. 실험 및 결과

3.1 실험

기초 실험을 통하여 공정 변수를 Table 1과 같이 설정하였고, 공정 변수로는 구동전압과 초음파 조사시간을 선정하였다. 실험계획법을 이용하여 Table 2와 같이 2요인 3수준계 L9(3²)의 직교 배열표를 수립하였고 유리와 솔더의 접합강도를 측정하였다.

Table 1 Control factors and level values

Group	Factors	Level		
		1	2	3
A	Input Voltage(v)	80	90	100
B	Driving time of ultrasonic (s)	20	25	30

Table 2 Orthogonal array table L9(3²)

No.	A	B	Strength [N]	Strength [N]
1	1	1	48	46
2	1	2	50	51
3	1	3	69	67
4	2	1	30	28
5	2	2	16	18
6	2	3	17	19
7	3	1	34	32
8	3	2	26	28
9	3	3	20	24

3.2 실험 결과

실험결과 초음파 진동자를 이용하여 유리와 솔더의 접합 강도에 큰 영향을 미치는 요인은 Fig. 4와 같이 구동전압, 조사시간 순으로 나타났다.

실험결과를 토대로 분산분석을 실시한 결과 A인자 (Input Voltage(v))에 대하여 P0.02나타났고 95%이상의 유의성을 갖는 것을 알 수 있다. 또한 전체 시험에 대해서 R-제곱값이 86%로 분석되었다.

Table 3은 구동전압과 조사시간의 최적 공정조건을 나타낸 것이다.

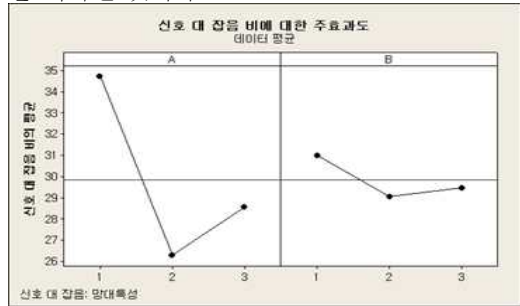


Fig. 4 Main effects for S/N ratio

Table 3 Result of optimal process condition

	Driving time of ultrasonic (s)	Driving Voltage (v)
Value	20	80

4. 결론

본 논문에서는 초음파 혼을 이용하여 이종재료 접합시 접합 강도에 영향을 미치는 공정변수를 설정하였으며 실험계획법을 이용하여 접합시험을 실시하였다.

실험계획법을 이용하여 접합 강도에 영향을 미치는 요인은 구동전압, 조사시간 순으로 나타났고 실험결과를 토대로 최적 공정조건을 찾아낼 수 있었다.

후기

본 연구는 한국산업기술재단의 지역혁신인력 양성사업과 중소기업청에서 지원하는 산학연공동 기술개발사업의 지원을 받아 수행되었음

참고문헌

1. 김동균, "EnergyPuls의 시뮬레이션 결과와 실제 냉방에너지 사용량의 비교 분석 및 GHP와 EHP의 에너지 성능비교에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 27, 227-244, 2011
2. 정안목, "유리-금속 접합을 위한 초음파 진동자 설계에 관한 연구", 학위논문, 2011.