

## LCD 생산용 Al6061 Hot Plate에 대한 MIG 내로갭 용접

### MIG Narrow Gap Welding to Al6061 Hot Plate for the Production of LCD

김영주\*, 김대만\*\*, 감병오\*\*, 조상명\*\*\*

\*부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

\*\*미래디지털(주) 부설 기술연구소

\*\*\*부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공

#### 1. 서 론

6061알루미늄 합금은 경량이며 강도가 높고 우수한 열전도성 및 기계 가공성으로 인하여 IT 산업분야에서 TFT-LCD 제조장비인 Hot Plate의 소재로 많이 쓰이고 있다. Hot Plate의 생산 공정은 전자빔용접과 TIG 용접으로 대부분 제조되고 있으나, 용접선 추적의 어려움과 낮은 생산성으로 인해 고품질 고생산성의 용접공정 개발이 필요한 실정이다. 본 연구의 목적은 Al6061 Hot Plate에 MIG 내로갭 용접 적용을 위한 최소 그루브폭 결정 및 용합 불량 방지 기술을 개발하는 것이다. Hot Plate 설계 구조상의 이유로 한쪽 면만 베벨가공한 L형 그루브에 MIG 내로갭 용접을 적용하였다. 본 연구에서는 최소 그루브폭 결정 실험 및 최소 용합 입열량을 검토하였으며, 내로갭 맞대기 이음부의 용접성을 검토하였다.

#### 2. 실험 재료 및 방법

##### 2.1 실험 재료

본 실험에서는 폭 55mm × 길이 100mm × 두께 8mm의 Al-Mg-Si 합금인 Al6061-T6를 사용하였고 용접 와이어는 AWS-ER-4043을 사용하였다.

##### 2.2 실험방법

Table 1은 본 실험의 용접조건을 보인 것이다.

Table 1 Welding Condition

Power source	Fronius VR4000
Welding Current	300A, Pulse
CTWD	20mm
Shielding gas	Ar 100%, 25L/min
Work Angle	0°

##### 2.2.1 맞대기 이음의 최소 그루브폭 결정을 위한 필릿 용접 실험

Fig.1(a)는 내로갭 맞대기 이음에서 최소 그루브폭을 결정하기 위하여 작업각 0°로 필릿용접실험을 행한 모식도를 보인 것이다. 실험1에서는 용접속도 60CPM으로 수직 벽면에서 와이어나까지의 거리(D<sub>ww</sub>)를 변화시켜 용접하였다. 아크가 벽면의 영향을 받지 않는 거리를 구하여 최소 그루브폭을 결정하였다.

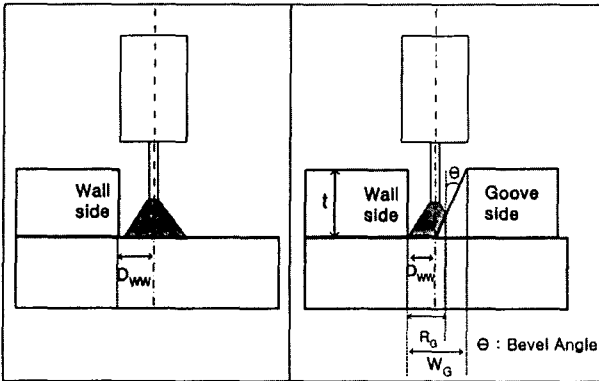
◆ 최소 그루브폭의 정의:  
맞대기 이음 용접에서 벽면과 그루브면으로 인한 아크 불안정이 생기지 않는 그루브폭의 최소치

##### 2.2.2 용합불량 방지를 위한 최소 용합 입열량 실험

Fig.1(b)는 입열량 및 베벨각 변경을 위한 용접 실험 모식도를 보인 것이다. 실험2에서는 맞대기 이음 그루브폭 W<sub>G</sub> 10mm, Bevel각 10°인 그루브 용접부에 용접 속도를 달리하여 용접을 실시하여 용합 불량이 발생하지 않는 최소 용합 입열량을 구하였다.

◆ 최소 용합 입열량의 정의:  
용합불량이 발생하지 않고 용합되는 최소 입열량

2.2.3 Bevel각  $\theta$ 에 따른 내로깍 맞대기 용접성 실험  
 실험3은 Fig.1(b)와 같이 용접한 것이며,  $W_G$  10mm에서 Bevel각과 용접속도를 변화시켜서 내로깍 맞대기 이음에 대한 용접성을 검토하였다.



(a) Experiment 1 (b) Experiment 2,3

Exper.1	Exper.2	Exper.3	
Dww	Welding Speed	Bevel Angle	Welding Speed
3mm	60CPM	0°	22.5CPM
4mm	50CPM	10°	24CPM
5mm	40CPM	20°	27CPM
	24CPM	30°	30CPM

Exper.:Experiment

Fig.1 Schematic diagram for experiments and their variable

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 최소 그루브폭 결정 실험 결과

Fig.2는  $D_{ww}$ 에 따른 용접후 용접 비드 상태, 단면 사진, 전류 파형을 보인 것이다.  $D_{ww}$ 가 3mm인 경우 용접중 아크가 벽면을 타고 올라가 Burn-back으로 인한 아크의 꿍김이 발생하였고 벽면이 아크에 의해 녹은 것이 관찰되었다. 또한 용접중 용접 전류 파형이 불안정하였다.  $D_{ww}$ 가 4mm, 5mm에서는 아크의 벽면 오름 현상은 없었지만 5mm의 경우가 4mm에 비해 용접 전류 파형이 더욱 안정되었다. 기존의 그루브 설계에서는 용접선 추적 좌우공차가 상당히 큰 것을 가정하여 큰 그루브폭이 되도록 설계하였다. 그러나 최근에는 로봇이나 자동화 장비의 발전과 함께 그루브 용접선과 토치 중심선이 공차  $\pm 1$ mm 이내로 매우 정밀한 용접선 추적 제어가 가능하므로 본 연구에서는 그루브폭이 10mm인 내로깍 맞대기의 적용을 시도하였다. 정밀한 용접선 추

적으로 인해 좁은 그루브폭  $W_G$ 을 가진 L형 용접부는 루트갭, 두께, Bevel각을 고려한 새로운 그루브 설계의 기법 개발이 필요하여 다음과 같은 식을 유도 적용하였다.

$$W_G = R_G + t \cdot \tan \theta$$

여기서 만일 두께  $t$ 와 그루브폭  $W_G$ 가 정해지면 Bevel각  $\theta$ 에 따라 루트갭  $R_G$ 가 결정되어 용착 단면적이 계산되고 그에 따른 입열량 제어가 가능하다.

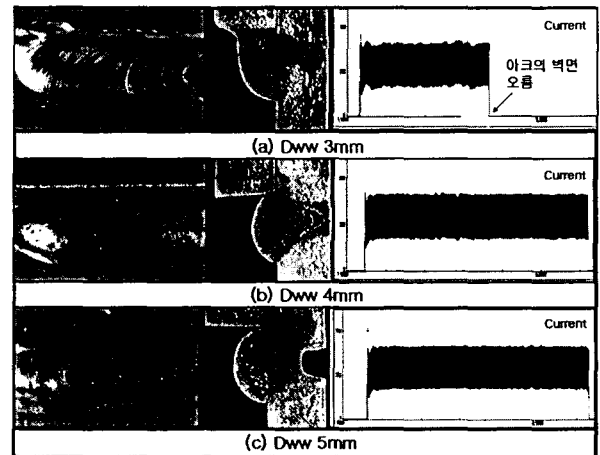


Fig.2 Bead appearance, cross section and current waveform (work angle: 0°, fillet welding)

#### 3.2 최소 용합 입열량 실험 결과

Fig.3은 Bevel Angle 10° 에서 용접속도를 변경하여 입열량  $Q$ 를 달리하였을 때 용접 비드 외관 사진과 용접부의 단면 사진을 보인 것이다.  $Q=8.6\text{kJ/cm}$ (60CPM)와  $Q=10.3\text{kJ/cm}$ (50CPM)에서는 Wall, Groove 면에서 용합 불량 발생하였고  $Q=13\text{kJ/cm}$ (40CPM)와  $Q=21.3\text{kJ/cm}$ (24CPM)에서 용합 불량이 발생하지 않았다.  $Q=21.3\text{kJ/cm}$ 인 24CPM에서는 1Pass 용접이 가능하지만  $Q=13\text{kJ/cm}$ 인 40CPM에서는 1Pass-2Layer로 2패스 용접이 가능하다. 열전도성이 큰 A16061 소재의 용접시 아크는 그루브내의 벽면을 가열하지만 온도가 국부적으로 쉽게 상승하지 못하므로 용접 입열량이 충분하지 못한 경우 용합 불량이 발생하기 쉽다. 최소 용합 입열량 이상에서는 용융풀의 온도가 고온이므로 아크가 벽면에 직접 닿지 않아도 용합시킬 수가 있다. 최소 용합 입열량은 모재, Backing 판의 두께, 그루브 각도, Root gap 등의 인자에 의해서 변할 수 있다.

상을 기대할 수 있다.

Table 2 Current, voltage, heat input for narrow gap butt welding

Bevel Angle (°)	Welding speed (CPM)	Current (A)	Voltage (V)	Heat input (kJ/cm)
0	22.5	286	28.0	21.4
10	24	293	29.1	21.3
20	27	286	28.0	17.8
30	30	296	28.4	16.9

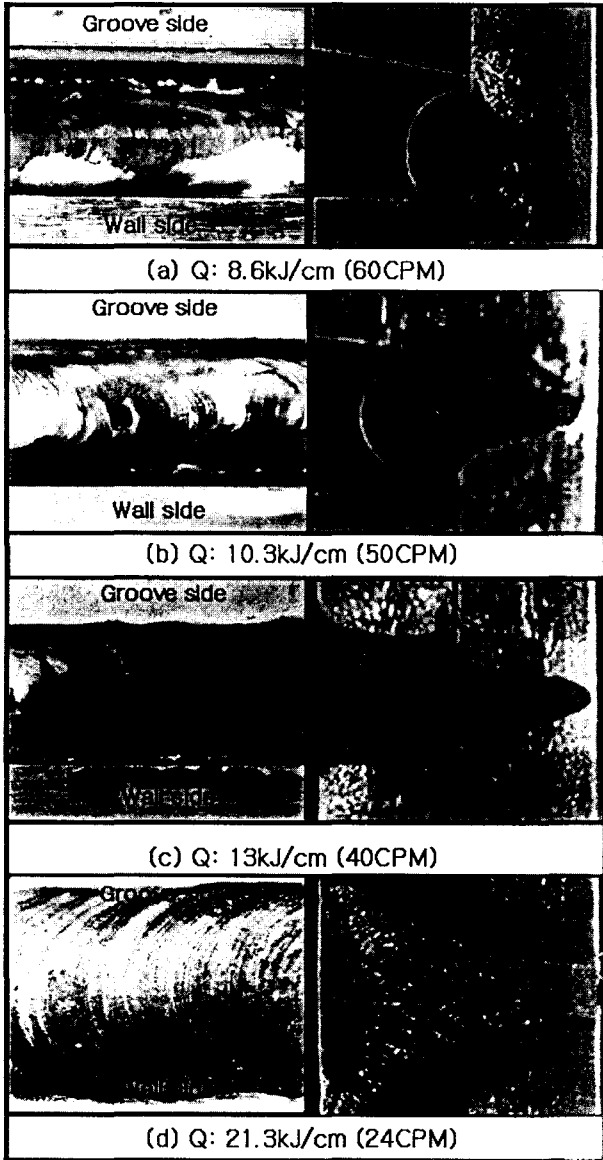


Fig.3 Bead appearance and cross-section by groove welding (bevel angle 10° 300A)

### 3.3 내로갭 맞대기 이음 용접성 실험 결과

Table 2는 내로갭 맞대기 용접시 각 조건에서의 출력 전류, 출력 전압, 입열량을 나타낸다. Fig.5는 Bevel각 0°, 30°에서의 비드 외관과 단면 사진을 보인 것이다. 융합불량은 Bevel각 0°, 10°, 20°, 30° 어떠한 조건에서도 발생하지 않았다. 그루브폭이 10mm이므로 Bevel각이 0°, 30°에 따른 용착 단면적은 각각 82.6mm<sup>2</sup>, 62.6mm<sup>2</sup>이었다. Bevel각이 큰 L형 그루브 맞대기 이음에 대한 용접시 용착시켜야할 단면적이 작아지므로 생산성 향

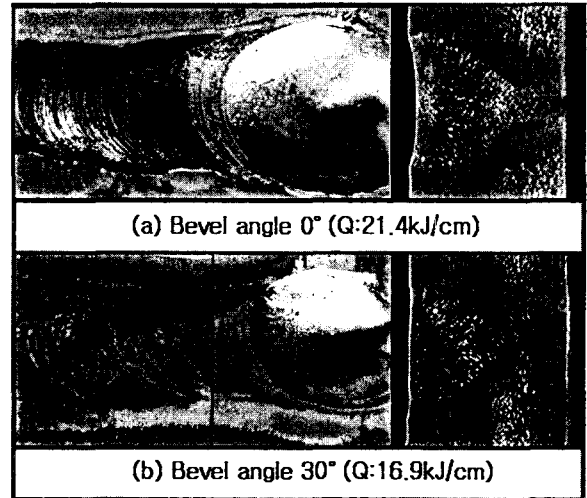


Fig.5 Bead appearance and cross-section

## 4. 결 론

Al6061 Hot Plate에 대한 MIG 내로갭 용접 적용에 관한 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수가 있었다.

1) 작업각 0° 인 필릿 용접부에 벽면에서 와이어까지의 거리를 변화시켜 아크가 벽면의 영향을 받지않는 거리를 구하여 맞대기 이음부의 최소 그루브폭을 결정하는 방법을 개발하였다.

2) 상기 1)의 방법에 의해 결정된 그루브폭 10mm 인 내로갭 용접을 실시한 결과 아크 불안정 없는 안정적인 내로갭 용접이 가능하였다.

3) 융합불량 방지를 위한 최소 융합 입열량을 정의하여 내로갭 맞대기 이음에 적용한 결과 융합 불량이 없는 양호한 용접 품질을 얻을 수 있었다.

4) 본 연구에서 적용한 Al6061 내로갭 맞대기 이음 용접에서는 적어도 최소 융합 입열량이 13kJ/cm이하인 것으로 판단된다.