

용융탄산염 연료전지 파넬의 레이저 용접기술 Laser Welding of Formed Panel for MCFC Fuel Cell

김기철*, 전중환*, 임희천**

*포항산업과학연구원

**한국전력공사 전력연구원

1. 서론

용융탄산염 연료전지용 파넬은 STS 316L 계 박판 강재이며 여러 종류의 가공을 받은 성형판을 용접에 의하여 조립하는 형태의 저압 반응 용기이다. 오스테나이트계 스테인리스강은 내식성이 우수하며 용접성도 양호한 것으로 알려져 있으나 그러한 평가는 어디까지나 용접금속학적인 측면만을 고려한 것이다. 연료전지용 파넬의 용접과 같이 박판 재료에 플랜지 용접 또는 모서리 용접을 실시하여야 하는 경우에는 용접금속학적인 측면보다는 오히려 공정론적 평가가 필요하며 용접부 품질안정성과 용접변형 최소화가 중요한 관리 항목이다.

본 연구에서는 스테인리스 박판 강재를 레이저 정밀 용접법으로 접합함에 있어서 용접 공정변수들이 용접부 형성에 미치는 영향을 검토하였고 그 결과는 성형제품의 적정 용접조건을 마련하는데 사용하였다. 또 용접 품질 신뢰도를 높일 수 있는 대형 성형 파넬 전용의 정밀 지그 제작과 고속 및 고품위 용접 시공기술을 정립하는 것도 본 연구의 중요한 목표였다.

2. 실험방법

용접 이음형태는 파넬의 설계 조건에 따라 2 매 겹치기 이음, 3 매 겹치기 이음 및 모서리 용접 이음 등이었다. 한편 제품의 사용특성상 시험재의 두께 범위도 0.4-80mm로 매우 넓다. 그림 1은 용접공정의 흐름을 나타낸 것으로 용접조건은 시험편으로 예비 실험을 실시한 다음 실제제품을 이용하여 적정한 조건을 도출하였다. 용접은 3kW 급의 고출력 Nd:YAG 레이저 장치를 사용하였으며 적정 품질의 용접부를 얻는 것과 함께 용접 열에 의한 변형의 최소화가 동시에 달성될 수 있는 고정장치를 제작 및 활용하였다.

한편 용접부 검사는 용접선 전체에 대하여 비드의 표면과 이면을 육안검사 하였으며 무작위로 선정된 제품에 대하여는 용접부의 단면을 현미경 등으로 정밀 관찰하였다. 주요 검사항목은 비드 형태와 용접선 길이 방향의 안정성, 용입특성과 결함의 생성 여부 및 용접부의 변형 여부 등이었다. 또 용접된 제품의 성능 중에서는 연료전지 파넬 사용조건에서의 기밀성이 중요하므로 질소를 이용한 기밀성 및 내압시험을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 용접부 특성

그림 2는 각 부위별 이음 설계를 보인 것이다. 그림의 (a)는 2 매 또는 3 매 겹치기 이음이며 (b)는 두께 40mm 또는 80mm의 후판 위에 0.6mm의 성형판을 모서리 용접하는 이음형태이다. (a)에서 내부 구멍 가공부의 용접은 성형판 상부에서 집속광을 입사 시켰으나 가장자리 이음부와 모서리 이음부는 측면 상부에서 용접에너지를 입사 시켰다.

그림 3은 박판 성형재의 용접부 단면을 보인 것으로 완전용입으로 겹치기 용접부를 얻기 위하여 약 50J/mm의 입열량이 적정한 것으로 판단되었다. 그러나 가장자리 이음의 경우에는 그보다 높은 62J/mm의 에너지가 필요하였다. 그림 4는 두께 40mm의 판재 위에 성형판을 겹친 상태로 모서리 용접한 결과를 나타낸 것으로 후판재의 가공 정밀도가 양호하였기 때문에 용접선 전체에서 매우 양호하고 안정적인 용접부가 얻어졌다.

3.2 비드 안정성에 미치는 공정요소

적정용접 조건 범위에서 비드 안정성은 고정장치의 성능과 소재 전처리 가공 정밀도에 크게 의존

되는 경향을 보이고 있었으며 특히 전처리 과정에서 접합될 부분의 가공 정밀도 부족은 비드 불안정의 주요인으로 작용하기 때문에 매우 신중하게 관리되어야 할 항목이었다. 또 표면처리 과정에서 접합면에 미세한 오염물질이 잔존할 경우에는 용접시 폭발적인 연소를 일으키며 용융금속의 일부 손실을 초래하는 것으로 확인되었다.

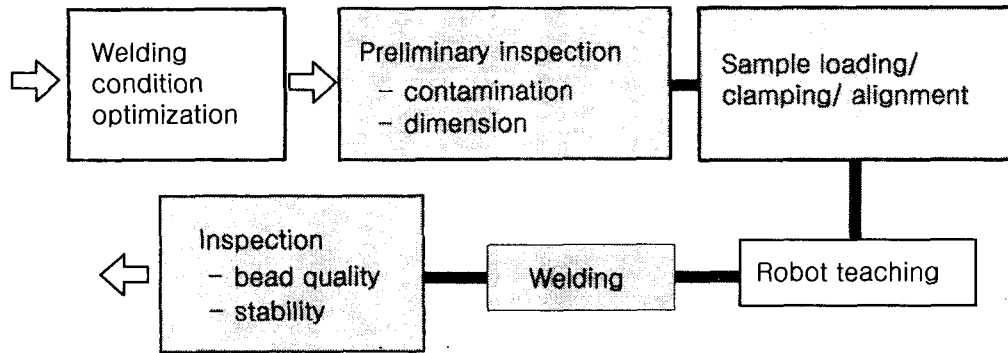


Fig. 1 Welding procedure

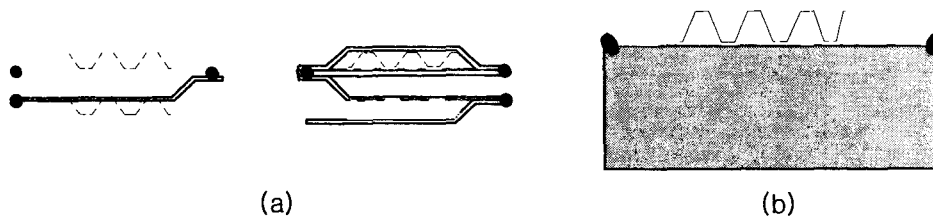


Fig. 2 Joint configuration. (a) formed panel overlap weld (b) end plate overlap weld



Fig. 3 Weld cross-section. (a) 2-sheet overlap weld (b) 3-sheet overlap weld (c) edge weld

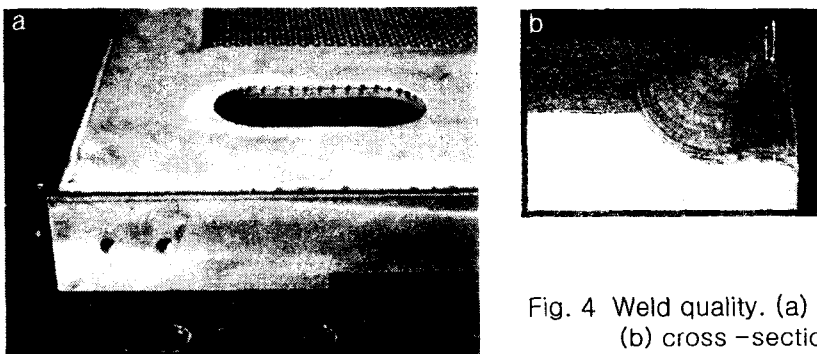


Fig. 4 Weld quality. (a) overall view (b) cross-sectional view