

# 전자빔 용접의 활용

## Application of Electron Beam Welding

한라산업기술연구소 정군석, 김갑동, 박재형, 조영래  
한국기계연구원 레이저기술연구그룹 한유희, 서 정

### I. 서론

전자빔 용접(Electron Beam Welding : EBW)은 고유의 우수한 용접 특성에도 불구하고, 장비 제작 비용의 과다함과 제한적인 작업환경으로 인하여 현재로서는 우주 항공 산업, 원자력 산업, 반도체 장비 산업 등의 특수한 분야에서만 선호되고 있다. 그러나 산업이 다양해지고, 고도화함에 따라 그 중요성이 인지되어 응용 범위가 차츰 확대되고 있으며, 고부가가치 산업으로의 도약과 아울러 용접에 대한 기능적 요구가 증대됨에 따라 전자빔 용접은 필연적으로 적용범위가 확대될 것으로 예상된다.

본 내용은 전자빔 용접과 관련하여 수행한 다수의 프로젝트의 결과에 관한 것이다.

### II. 전자빔 용접의 활용

#### 1. 전자빔 용접의 활용 포인트

전자빔 용접의 특징을 살려서 생산에 적용하면 대체적으로 다음과 같은 부가가치를 얻을 수 있다.

##### (1) 금속학적인 측면

- 1) 텅스텐, 탄탈, 지르코늄 등 난용성 금속
- 2) 알루미늄 합금의 열화에 의한 용접 강도 저하의 방지
- 3) 타이타늄 등의 고온 산화의 방지
- 4) 스테인레스 강의 카아바이드 석출 방지
- 5) 이종 금속간의 용접
- 6) 고니켈강의 고온 균열(Hot Crack) 저감
- 7) 동, 은과 같은 열 전도성 재료의 용접 용이
- 8) 용접부에 불순물, Gas 혼입 방지
- 9) 도전체의 전기 전도율의 유지

##### (2) 구조 설계적인 측면

- 1) 완벽한 용접 및 결함 제거로 강도 및 신뢰성 향상
- 2) 타 용접 방식으로 용접이 어려운 얇은 재료
- 3) T-Joint의 투과 용접 적용
- 4) 용접 강도의 향상으로 최종 생산품의 경량화 실현
- 5) 용접 변형의 방지
- 6) 용기 내부의 진공 봉합
- 7) 외관상 용접면의 청결화

- 8) 접근이 어려운 용접 조인트
  - 9) 내부에 물질을 충전시킨 상태에서 열영향 없이 용접 가능
  - 10) 예열 - 용접 - 서냉/후열 처리가 동시에 연계적으로 가능
- (3) 경제적 측면
- 1) 후판 용접시 작업 시간 단축
  - 2) 용가재, Sealing Gas 및 Flux 등 부자재 절감
  - 3) 대량 생산시 자동화로 생산성 향상
  - 4) Glove 가공 불필요
  - 5) 용접 후 Grinding 등의 후처리 인건비 절감

## 2. 실험장비의 사양

보유하고 있는 전자빔 용접 시스템은 한국기계연구원 레이저기술연구그룹지원하에 제작되었다. 전자총은 Ukraine Paton Institute에서 도입하고, 주변장치는 국내 기술로 개발 제작한 것으로(Fig. 1 참조) 사양은 Table 1과 같다.

Table 1 전자빔 용접시스템 사양

진공작업실 크기(mm)	L6000×W2400×H2400
가속 전압(kV)	60
용접기 출력(kW)	60
운전 진공도(Torr)	10 <sup>-4</sup>
구동 방식	전자총 수직고정 테이블식
가능공작물 크기(mm)	L3000×W1200×H1000
용접가능한 두께(mm)	0.2 ~ 300

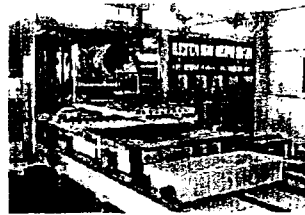


Fig. 1 전자빔 용접시스템 사진

## 3. 활용사례

(1) 전자빔 용접을 이용한 개발 실적

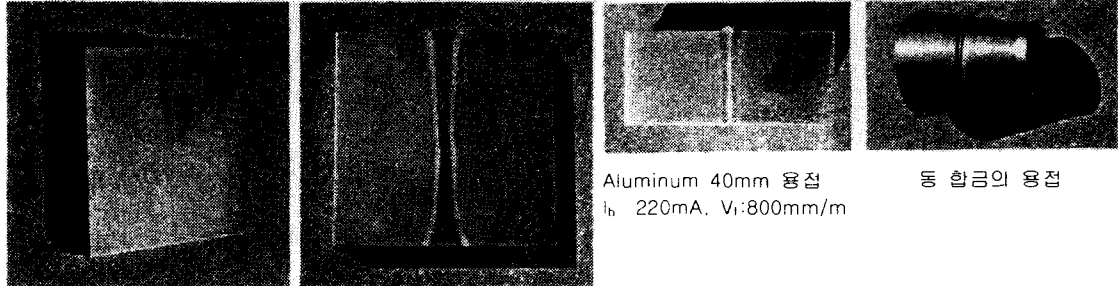
Table 2은 신상품의 연구 개발 혹은 공정 개선을 목적으로 전자빔 용접을 활용한 사례들이다.

Table 2 전자빔 용접의 활용 사례

항번	개발 내용	소재	적용분야
1	압력 용기를 포함한 구조물	Aluminum	항공우주
2	노즐 및 인젝터	내열강-동합금 이중	
3	Landing Gear Shaft	내열합금강	
4	일체형원자로(SMART) 주 냉각재 펌프	스테인레스스틸 후판	원자력
5	일체형원자로 제어봉 구동용 선형 스텝 모터	연자성강-비자성강 이중	
6	Spent Fuel Basket	스테인레스스틸	
7	Turbine Diaphragm 적용시험	내열합금강	정밀산업
8	마이크로 셀의 비가열 용접	Titanium	
9	0.2mm 두께의 튜브 제작	스테인레스스틸	
10	복수 기어의 치절 후 용접 결합	기계공구강	
11	유압기기용 Spool 용접	기계공구강	
12	Wafer 가공용 Target, Chamber, Diffuser	Aluminum	반도체, 전자
13	LCD 제작용 Susceptor	Aluminum	

(2) 전자빔 용접 활용 관련 사진

가. 금속별 용입 형상

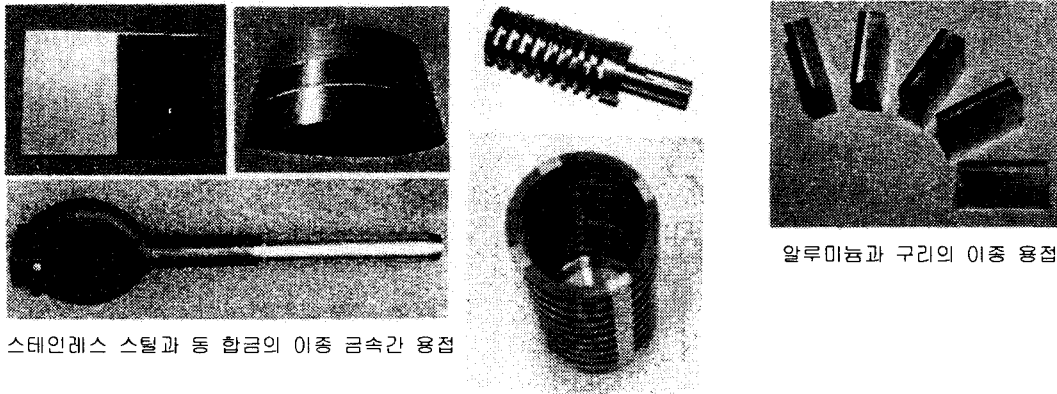


Aluminum 40mm 용접  
 $I_b$  : 220mA,  $V_f$  : 800mm/m

동 합금의 용접

C/St 100mm Penetration    CrAlloy(SA387-22CL)100mm  
 $I_b$  : 600mA,  $V_f$  : 200mm/m     $I_b$  : 309mA,  $V_f$  : 200mm/m

나. 이종금속간의 용접

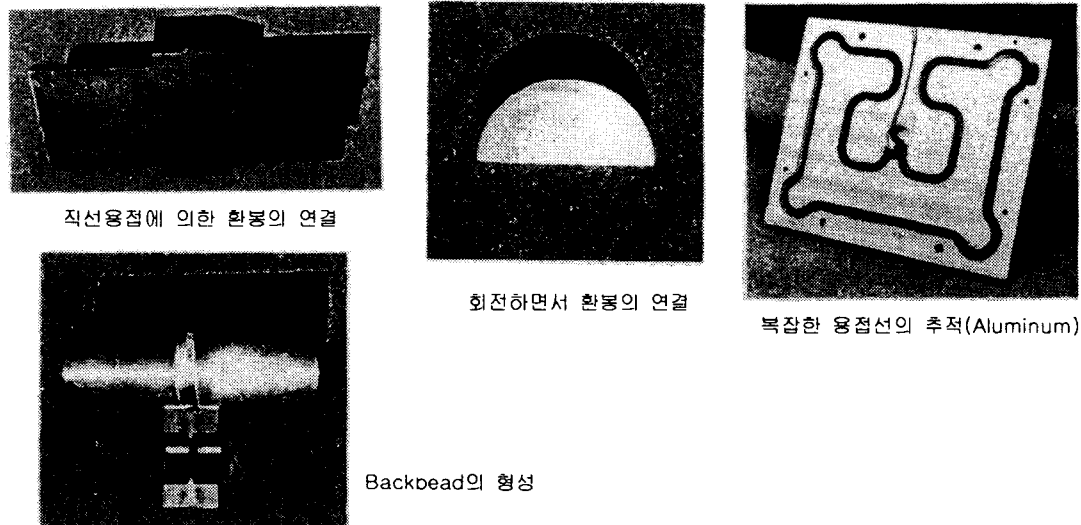


스테인레스 스틸과 동 합금의 이종 금속간 용접

알루미늄과 구리의 이종 용접

비자성 스테인레스 스틸(A316L)과  
 연자성 스테인레스스틸(A430F) 결합

다. 사용용도별 활용례

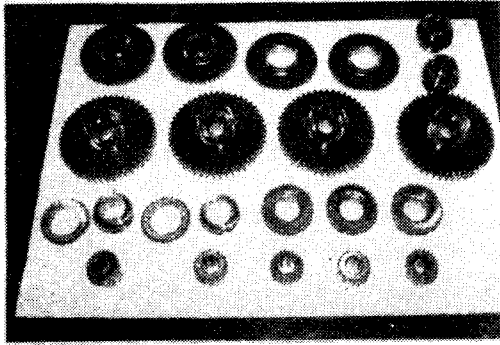


직선용접에 의한 환봉의 연결

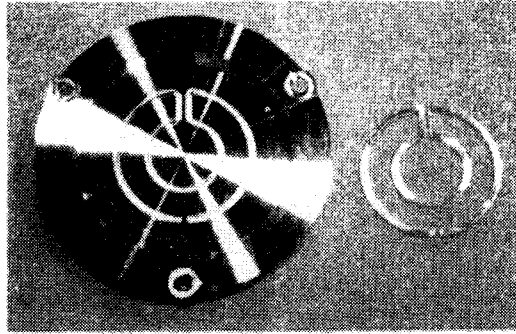
회전하면서 환봉의 연결

복잡한 용접선의 추적(Aluminum)

Backbead의 형성



다중 복합 기어의 치절 후 결합



곡선부의 비가열 정밀 용접

### III. 결론

전자빔 용접 장비를 1996년 제작 설치한 이래 용접 기술 개발과 수요 창출을 위하여 많은 연구 기술자들이 노력하였다. 전자빔 용접은 그 고유의 우수성에도 불구하고 장비 제작 비용의 과다함과 제한적인 작업 환경으로 인하여 특수한 목적 이외에는 널리 활용되지 못하고 있는 실정이다. 작업 비용에 있어서 용접 가공물의 수량이 많으면 생산 라인을 전자동화시켜 높은 생산성과 품질 향상을 동시에 도모할 수가 있지만 그렇지 못할 경우는 경제성이 떨어지는 결점이 있다. 현재 전자빔용접기는 자동차 공업 및 전자 부품 산업체 등에 경제성을 고려한 대량 생산용으로 전용화되어 많이 가동되고 있다.

그러나 정밀하고 높은 품질의 용접을 필요로 하는 산업 분야가 증가하면서 경제성과는 별개로 전자빔 용접을 활용하여야 하는 요구가 계속 증가하고 있다. 특히 우주 항공 산업, 원자력 산업, 반도체 장비 산업 및 복합 기능적 기계산업 등 최근 산업의 경향 변화와 더불어 수요 창출이 일어나고 있다.

### IV. 참고문헌

1. S. Schiller, U. Heisig, S. Panzer, Electron Beam Technology, John Wiley-Interscience Publication, pp.29-42, (1982)
2. J. V. Birnie, An Introduction to Electron Beam Welding, Physics in Technology, pp.116-122, (1976)
3. Dipl. -Ing. H. Schultz, Electron Beam Welding, Abington Publishing, pp. 1-91, (1993)
4. 杉山禎彦, 高エネルギー-密度溶接, 輕金屬溶接, pp. 18-20, (1996)