

# 고밀도 전자빔 응용기술 동향

## Trends on the Applications of High Density Electron Beam Process

#강은구<sup>1</sup>, 김한수<sup>1</sup>, 김진석<sup>1</sup>, 이통윤<sup>1</sup>, 이석우<sup>2</sup>

#E. G. Kang<sup>1</sup>(egkang@kitech.re.kr), H. S. Kim<sup>1</sup>, J. S. Kim<sup>1</sup>, D. Y. Lee<sup>1</sup>, S. W. Lee<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원 IT융합생산시스템센터, <sup>2</sup>한국생산기술연구원 충청지역본부

Key words : Electron Beam Process, High Density E-Beam, Surface Finishing Process, Surface Modification

### 1. 서론

고밀도 전자빔 기술의 경우 기존 저전류(수 nA 이하)의 전자빔 기술과는 다른 고전류(수 mA 이상)를 이용하는 것을 특징으로 한다. 이러한 고밀도 전자빔은 전자빔의 가속 에너지 크기 및 전류량에 따라 주요 사양과 응용 분야가 결정되어지며, 기계, 바이오, 반도체, 디스플레이 및 환경 분야 등 응용분야가 다양하다.

본 논문은 고밀도 전자빔을 이용한 기계분야의 표면 피니싱 기술의 국내외 기술수준 및 응용기술 현황을 기술하고자 한다. 또한 기계분야 이외의 표면개질 등에 사용되는 고밀도 전자빔의 응용 기술 동향을 조사하였다.

### 2. 고밀도 전자빔 장치기술

고밀도 전자빔의 경우 Table.1 에서와 같이 에너지의 크기에 따른 구분이 가능하다.

Fig.1의 1MeV 이상의 고에너지 및 중에너지 전자빔의 경우 높은 에너지의 가속력에 의해 대기상태로 전자가 방출하며, 대기 상태로 방출된 고밀도의 전자빔을 대상물에 직접 조사 가능하기 때문에 높은 생산성, 자동화 및 연속공정이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

주요 응용분야는 전자빔을 통한 표면 개질 등에 이용되고 있다.<sup>[2][3]</sup>

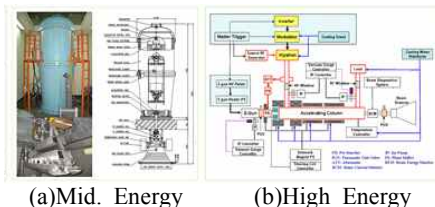


Fig. 1 High&Mid Energy E-Beam Processing Equipments (<http://www.ebeam.or.kr>)

Table. 1 Comparisons on Specification of High Density E-Beam Equipments

	가속 에너지 (MeV)	빔 전류 (mA)	빔 출력 (kW)	환경 조건
Low Energy	0.4	30	12	진공
Mid. Energy	1.0 ~ 2.0	max. 50	max. 100	대기
High Energy	10	1600	33	대기

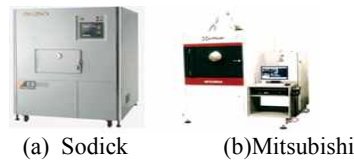


Fig. 2 Low Energy E-Beam Processing Equipment

Fig. 2의 수십keV 급 저에너지 전자빔의 경우 일본의 Sodick사와 Mitsubishi사가 기술력을 주도하고 있으며, 전자빔을 통한 표면 피니싱과 표면 개질, Joining과 Machining에 활용하고 있다.<sup>[4]</sup>

### 3. 고밀도 전자빔 피니싱 공정기술

Fig.3는 고밀도 전자빔을 활용한 공정기술의 개념을 나타내고 있다. 이러한 고밀도 전자빔 피니싱 장비는 일본의 Sodick사와 Mitsubishi사가 활발한 연구를 진행하였으며, 약 0.01~60mm 직경의 집속 전자빔을 1 Pulse당 2μs의 주기로 가공물에 조사할 수 있다. 가속전압은 40kV으로, 350 X 250 X 100 (mm)의 가공영역을 가지고 있으며, 최소 표면조도는 약 0.25~0.7um로 알려지고 있다.<sup>[1][4]</sup>



Fig. 3 Schematic of E-Beam Finishing Process (<http://www.sodick.co.jp>) (<http://www.Mitsubishielectric.com>)

Fig. 4는 주로 금형 코아 소재로 쓰이는 냉간 금형용 합금공구인 SKD11에 전자빔을 조사 전후의 결과를 나타내고 있다. 실험결과 시료 표면 거칠기가 초기의 약 20% 정도가 향상되는 것으로 알려져 있다.<sup>[1][4]</sup>

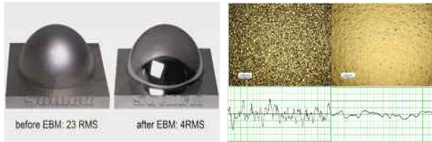


Fig. 4 Results of E-Beam Finishing Process

#### 4. 전자빔 응용 표면 거칠 및 미세 가공기술

고밀도 전자빔을 이용한 표면처리 결과 소재의 내식성과 발수성 등이 향상되는 것으로 알려져 있다.<sup>[4]</sup> Fig. 5와 Fig.6은 폴리싱 된 시료의 고밀도 전자빔 조사 전후의 염수분무 시험과 발수성 시험 결과이다. 내 부식성과 발수성 시험 결과에 전자빔 조사 전후의 내 부식성 및 발수성의 향상이 가능함이 알려져 있다.<sup>[4]</sup>

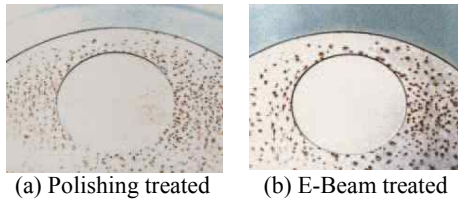


Fig. 5 Corrosion Resistance Test



Fig. 6 Water Repellent Test

고밀도 전자빔의 기타 응용기술로 접합 및 가공이 가능하며, 이에 대한 연구가 진행되고 있다. Fig. 7은 미세 회로의 접합과 SUS소재의 패터닝공의 사례를 나타내고 있다.

이 밖에도 전자빔을 이용한 응용 연구 분야는 미생물 등의 멸균처리와 오폐수 처리, 하수 살균, 토양정화, 약취 및 휘발성 유기물질 처리와 유기성 폐기물처리 및 재활용 분야 뿐만 아니라 나노금속 입자 형성과 의학 및 생명 공학 분야 등에 응용되고 있다.

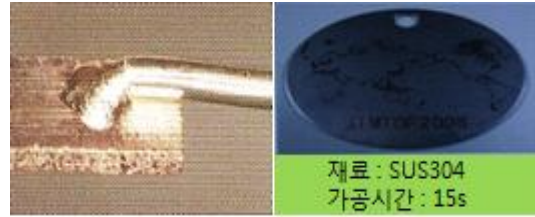


Fig. 7 Results of E-Beam Joining & Machining

#### 5. 결론

고밀도 전자빔 응용기술 분야는 가속 전압 및 전류량의 사양별 응용 분야의 차이를 보이고 있다. 현재 국내의 고밀도 전자빔 장치 및 응용 분야는 선진국에 비해 많이 뒤쳐져 있다. 따라서 향후 고밀도 전자빔 장치 기술 및 응용 분야에 대한 기업 및 연구소 등에서 국내 기술 확보가 요구되어진다.

#### 후기

본 연구는 지식경제부 기술혁신사업인 산업원천기술개발사업의 일환으로 “정밀기계부품 가공용 고밀도 전자빔의 고속 청정 Finishing 공정 기술 개발” 과제의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. A. Okada, et al, "Surface finishing of stainless steels for orthopedic surgical tools by large-area electron beam irradiation", CIRP Annals - Manufacturing Technology, Vol. 57, 223-226, 2008
2. Soung Min Kim, et al, "Bony regeneration effect of electron-beam irradiated hydroxyapatite and tricalcium phosphate mixtures with 7 to 3 ratio in the calvarial defect model of rat", The 6th Workshop on Electron Beam Applications, 56-81, 2011.
3. 김 유석, 외, “전자빔 조사를 통한 다중벽 탄소나노튜브 표면에 균일한 금속 나노입자의 형성”, The 6th Workshop on Electron Beam Applications, 273-283, 2011
4. Sodick(japan) Catalog 2004.