

# 고밀도 전자빔 피니싱 공정에 이용되는 전자광학계의 설계 및 해석에 관한 연구

## Electron Optics Design and Analysis in Finishing Instruments using High Density Electron Beam

\*박만진<sup>1</sup>, #장동영<sup>2</sup>, 김승재<sup>3</sup>

\*M. J. Park<sup>1</sup>, #D. Y. Jang(dyjang@snut.ac.kr)<sup>2</sup>, S. J. Kim<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>서울과학기술대학교 나노생산기술연구소, <sup>2</sup>서울과학기술대학교 산업정보시스템공학과

Key words : High Density Electron Beam, Electron Optics, Surface Finishing

### 1. 서론

고밀도의 전자빔을 활용한 피니싱 기술은 큰 직경(40mm급)의 전자빔을 고밀도 화하여 가공물에 직접 조사하는 방식으로 가공물의 표면 조도 및 특성을 향상시킬 수 있으며 디버링과 미소크랙 등을 제거할 수 있는 기술을 말한다. 의료기기, 반도체 부품, LCD 부품, 그린카 부품, 반도체 제조장비 부품 등에 새로운 개념의 고정정/고효율 Finishing 시스템으로 향후 유망한 고정밀 부품과 양산용 금형 등의 생산 시장 대응이 가능할 것이다. 전통적으로 이용되는 전자빔을 이용한 장치는 전자총으로부터 발생한 전자빔을 렌즈시스템을 통하여 집속이나 투영하여 가공물에 조사하게 된다[1,2]. 이 방법을 이용한 장비에서 가장 중요한 요소는 전자빔에 가해지는 고전압에 따른 전자빔의 운동에너지이다. 빠른 속도의 전자빔은 공작물의 표면층에 에너지를 전달하게 되고, 전자빔은 대상물에 침투하게 된다. 이때공작물의 표면은 온도의 증가와 함께 가열과 용해과정을 반복하게 되어 최종적으로 공작물 재료는 증발을 통해 제거된다. 본 논문에서는 플라즈마 상태에서 전자빔을 인출하는 방식의 전자빔 소스시스템과 이 소스에서 발생하는 전자빔을 평가하기 위한 해석 모델과 평가 장치를 제안한다. 이 방법을 통하여 소스에서 만들어지는 균일한 전자빔의 크기와 밀도를 평가하고 정전렌즈를 설계하여 전자빔 가공장치에서의 가공 변수인 전자빔 형상과 분포를 예측할 수 있다.

### 2. 본론

전자광학계의 설계에서 가장 중요한 요소는 가공 부품에 조사되어지는 전자빔의 크기 및 밀도분포가

가장 중요하다. 통상 이용되는 팁을 이용한 전자빔의 크기는 대략 micro에서sub-micro크기를 가지며, 큰가공부품을 가공하기 위해서는 큰 양의 빔 편향 시스템과 장시간의 가공시간을 가져야 하는 단점을 가지고 있다. 또한 전자빔을 편향시킬 경우 빔을 편향시키는 도중에 가공부품에서 오버랩이 되는 영역이 발생하게 되며, 이 영역에서의 크랙 진행이 발생하게 되어 표면품질에 나쁜 영향을 미치게 된다.

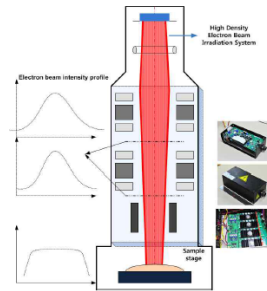


Fig. 1 A schematic illustration of high current and large area plasma-based Electron Beam Machine

이러한 가공의 한계를 극복하기 위하여 대면적의 플라즈마를 이용한 전자빔 소스를 활용하여 유효직경이 40 mm 이상인 전자빔 조사장치가 필요하게 된다. 균일한 전자빔을 조사하기 위한 대면적의 전자빔 광학계를 만들기 위해 플라즈마 소스의 인출부를 40 mm 가정하여 해석 모델을 만들고, OPERA 3D를 이용하여 대면적 전자빔 소스부를 해석한다. 그리고, 소스를 실제 제작하여 빔의 크기를 측정할 수 있는 시스템을 만들어서 해석에서 얻은 값과 비교할 수 있는 장치를 제작하여 해석 모델을 완성하고, 이

를 바탕으로 전자빔을 이용한 피니싱 공정을 수행하는 장비의 광학계의 설계 및 제작을 완성한다.

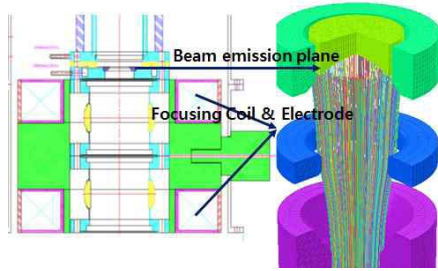


Fig. 2 A schematic illustration of RF Hollow Cathode Source and Analysis Model

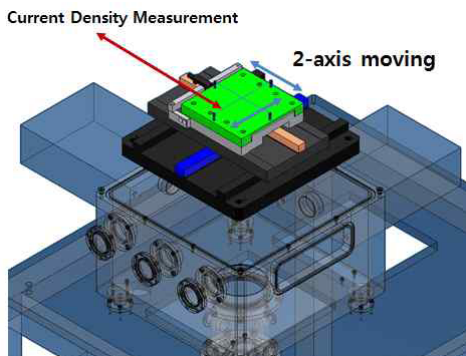
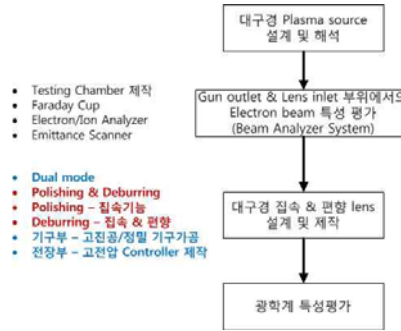


Fig. 3 A schematic illustration of beam current density measurement system

### 3. 결론

본 논문은 플라즈마 상태에서 전자빔을 인출하여 전자빔 피니싱을 수행하는 장비의 전자광학계를 제작하기 위한 설계와 해석에 관한 것으로 대면적의 전자빔 인출을 모사하고, 모사된 전자빔의 크기와 밀도 분포를 실제측정값과 비교하기 위한 장치의 제작에 관한 것이다. 측정값과 비교하여 해석모델을 완성하고, 고밀도 전자빔 피니싱 공정을 적용할 수 있는 장비의 제작에 효율적인 방법으로 활용할 계획이다.



### 후기

본 연구는 지식경제부가 지원하는 산업원천기술 개발사업 “정밀기계 가공용 고밀도 전자빔의 고속 청정 Finishing 공정기술개발” 과제로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사 말씀을 드립니다.

### 참고문헌

1. N. Taniguchi, Introduction. In: N. Taniguchi, M.Ikeda, I. Miyamoto and T. Miyazaki, Editors, Energy-Beam Processing of Materials: Advanced Manufacturing Using Various Energy Sources, Oxford University Press, New York (1989), pp. 1-61.
2. S. Schiller, U. Heisig and S. Panzer, Electron Beam Technology, Wiley, New York (1982) pp. 29 - 47