

AC 플라즈마를 이용한 피니싱 공정용 전기장렌즈의 집속특성에 관한 연구

Study on the focusing characteristics of the electrostatic lens for the finishing process using AC plasma.

*최민식¹, #장동영², 정보현³, 박만진³, 김승재³, 김동욱³, 노승정¹

*M. S. Choi¹, #D. Y. Jang(dyjang@seoultech.ac.kr)², B. H. Chung³, M. J. Park³, S. J. Kim³, D. U. Kim³,
S. J. Noh¹

¹단국대학교 응용물리학과, ²서울과학기술대학교 산업정보시스템공학과, ³한국전자기계융합기술원

Key words : Finishing Process, AC Plasma, Plasma Source Electron Beam, Electrostatic Lens, Beam Focusing

1. 서론

피니싱 공정(Finishing Process)은 초정밀 부품과 양산용 금형의 마지막 공정으로, 디버링(Deburring), 폴리싱(Polishing) 및 에지 래디어싱(Edge radiusing)을 포함하는 공정이다. 이 공정으로 가공품의 표면 조도를 향상시키고 제품의 이물질을 제거한다. 예를 들어 의료용이나 반도체용 등 정밀부품을 요하는 경우, 표면 거칠기가 2 μm 이하이고 burr와 scratch 등이 제거되어야 하는데 이러한 조건을 만족하기 위해서는 가공 공정 중에 피니싱 공정이 필수적으로 포함되어야 한다. 최근에는 고밀도 전자빔을 이용하여 피니싱 공정에 적용하려는 연구가 활발히 진행 중에 있다[1-3].

본 논문은 고밀도 전자빔을 피니싱 공정에 적용하기 위한 기초실험으로 AC 플라즈마를 이용하여 전자빔을 인출하였다. 인출된 빔의 집속특성을 연구하기 위하여 정전기장렌즈를 설계 및 제작 기초 실험을 수행하였다.

2. 설계 및 장치구성

입자 인출방식은 solid type에서 thermionic emission, field emission 등 두 가지 방식에서 전자를 인출하며, liquid type에서는 주로 gallium을 이용하여 field emission으로 이온을 인출한다. Gas type으로는 plasma source 방식으로 이온 및 전자를 인출한다. 본 실험에서는 빔 인출구경으로 빔크기의 조절이 가능한 plasma source를 이용하여 대면적 전자빔까지 인출이 가능하게 하였다. plasma source를 이용한 electron gun은 그림 1에 나타내었다.

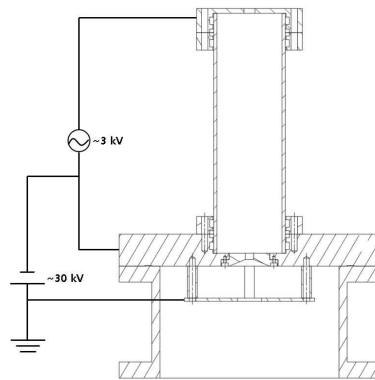


Fig. 1 Schematic of electron gun using plasma source.

전자빔은 전기장 및 자기장을 이용하여 집속한다. 본 실험 장치는 정전기장 렌즈를 이용하여 설계 제작하였다. 렌즈의 설계는 Opera 3D를 이용하였고 음극은 인출구경을 기준으로 가상의 음극을 설정하여 전자빔 집속을 전산모사 하였다. 정전기장 렌즈 중 가장 일반적으로 활용되며 세 개의 전극으로 구성되는 einzel 렌즈 형태로 설계하였고, 이 렌즈의 원리는 양 끝 전극에 동일한 전압을 인가하여 렌즈를 통과하는 전자의 에너지가 입사 전과 입사 후 일정하게 유지되도록 하는 것이다. 광학축을 따라 움직이는 전자는 전극 위의 모든 점에서부터 균일하게 퍼지다 축 위의 한 점으로 모이게 된다.

3. 실험

설계 제작한 기초실험용 피니싱 장비는 그림

2와 같다. 플라즈마 방전시 챔버의 진공압력은 2E-6 Torr에서 5E-5 Torr로 변화시켰고, 방전전압 AC 3 kV, 가속전압 30 kV일 때 전류값은 2 mA, 그때 빔의 직경은 30 mm였다. 피니싱 실험을 위한 전자빔으로 조사의 표적 물질로는 STS 304를 이용하였고 조사된 표적은 그림 3에 나타내었다.



Fig. 2 Photograph of finishing process system using AC plasma.

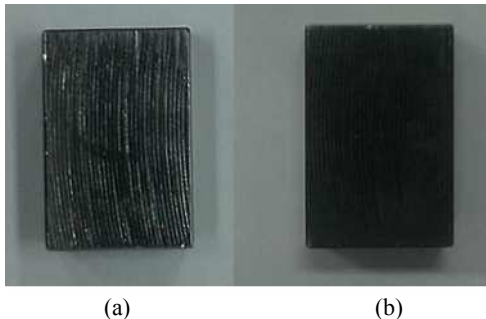


Fig. 3 Comparison of the STS 304 samples between (a) before and (b) after electron beam irradiation.

정전기장 집속 렌즈는 인가된 전압에 따라 빔의 궤적을 변화시킨다. 이를 이용하여 빔을 집속 시키는데 본 실험에서는 인가전압을 8 kV까지 변화시키면서 빔의 크기를 측정하였다. 전자빔의 크기의 측정에는 텅스텐 선을 이용하여 단축방향으로 이동하며 전류를 측정하였다. 측정된 결과는 그림 4의 그래프로 나타내었다.

그림 4에서 나타난 것과 같이 가속 전압이 10 kV일 때, 렌즈에 인가된 전압이 높아짐에 따라 와이어에 측정된 전류의 값이 증가됨을 볼 수 있었다. 빔의 크기는 반폭치 값으로 가정하였는데 빔의 크기가 15 mm부터 1 mm이하까지 집속되었다.

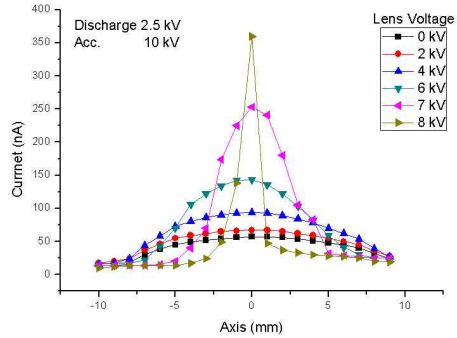


Fig. 4 Radial distribution of the wire currents in accordance with the lens voltage.

4. 결과 및 토의

피니싱 공정을 위한 전자빔 장치를 구축하였고 기초실험으로 30 kV, 2 mA의 빔을 30 mm의 크기로 인출하여 표적에 조사하였다. 조사 전후 Ra 값은 1.389 μm에서 1.193 μm으로 미세한 향상을 보여 피니싱 장치로의 가능성을 볼 수 있었다. 가속된 전자빔은 정전기장 렌즈에 8 kV까지 전압이 인가됨에 따라 빔의 크기와 전류 밀도 값이 빔이 집중되는 효과를 보였다.

Acknowledgements

This work was supported by the Industrial Strategic technology development program, 10038656, Development of high speed ecological finishing process for precision and micro pattern products, funded by the Ministry of Knowledge Economy(MKE, Korea).

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
3. 박만진, 장동영, 김승재, "고밀도 전자빔 피니싱 공정에 이용되는 전자광학계의 설계 및 해석에 관한 연구," 한국 정밀공학회지, 11, 787-788, 2011.