

고밀도 전자빔 소스 개발 및 표면 피니싱 특성 Development of High Density Electron Beam Source and Surface Finishing Characteristics

*#강은구¹, 김한수¹, 김진석¹, 이석우²

*#E.G. Kang¹, H.S. Kim¹, J.S. Kim¹, S.W. Lee²(egkang@kitech.re.kr)

¹한국생산기술연구원 IT융합생산시스템연구그룹, ²한국생산기술연구원 충청지역본부

Key words : High Density Electron Beam, E-Beam Surface Finishing, Plasma Electron Beam, Surface Roughness

1. 서론

전자빔 피니싱 기술은 고부가가치와 고정정확도에 적합한 기술로, 일반적으로 가속에너지를 기준으로 고에너지 및 중에너지와 저에너지로 구분할 수 있다. 전자빔의 가속에너지와 빔 전류에 따른 기계 분야를 비롯하여 바이오, 반도체, 디스플레이 및 환경 분야 등 다양한 응용분야에 걸쳐 연구가 진행되고 있다.^[1-6]

국외의 경우 고밀도 전자빔을 이용한 메탈소재의 표면조도 향상을 위한 연구가 진행되고 있으며, 일본을 중심으로 저에너지의 고밀도 전자빔 피니싱 장비의 상품화가 진행되고 있다.^[3,6]

이러한 메탈소재의 표면 피니싱을 위해서는 40keV 이하의 저에너지빔 소스 및 집속기술 개발이 필수적이며, 러시아 및 독일 등에서 많은 연구가 진행되고 있다.^[4,5]

본 논문에서는 저에너지의 고밀도 전자빔 소스 중 플라즈마 방식을 적용한 연구를 진행하고 있으며, 가스의 종류 및 가속전압에 따른 고밀도 전자빔 인출 결과를 언급하고 있다. 또한 인출된 전자빔을 통해 메탈소재의 표면 조도 특성변화를 살펴보았다.

2. 고밀도 전자빔 소스 개발

고밀도 전자빔 피니싱 공정 장비 개발을 위해 가장 중요한 요소인 고밀도 전자빔 소스를 개발하였다. 개발된 고밀도 전자빔 소스의 성능 평가를 위해 Fig.1과 같은 테스트 장치를 제작하였다.

테스트 장치의 소스부는 Multi Cusp Ass'y, Extractor, Grid로 이루어진 Source Body와 Magnetic Coil로 구성된다. 챔버 내부에는 전류측정 센서 및 시료 이송을 위해 3축 스테이지를 장착하여 제작되었다. 제작된 전자빔 소스의 성능 테스트를

위해 전자빔 인출 실험을 실시하였다.

본 연구에서 제작된 전자빔 소스는 DC 플라즈마 방식이 사용되었다. 따라서 플라즈마 발생을 위해 일반적으로 사용되는 Ar과 N₂를 사용하였다. 본 실험은 유량 및 압력을 변수로 하였다. 유량은 2sccm에서 10sccm까지 2sccm단위로 증가시켰고 압력은 5mTorr에서 20mTorr까지 각각 실시하여 유량은 8sccm에서, 압력은 20mTorr 구간에서의 빔 전류량이 가장 높음을 확인하였다.

가속 전압의 경우 -1kV부터 서서히 상승시키며 전류량을 측정하였고, 유량 및 압력에 따라 그 값에는 차이가 있었으나 최대 -24kV에서 아크 방전이 발생하는 불안정함이 관찰되었다. 방출 전류는 시료단에 Faraday Cage 센서를 장착하여 전류를 측정하였다. 가속전압 및 가스 종류별 전류량 측정결과는 Fig. 2에 나타나 있다. 실험 결과 질소 사용시 가속전압 22kV 정도에서 최대 10mA 이상의 전류를 얻을 수 있었다.



Fig. 1 Test equipment for high density e-beam source

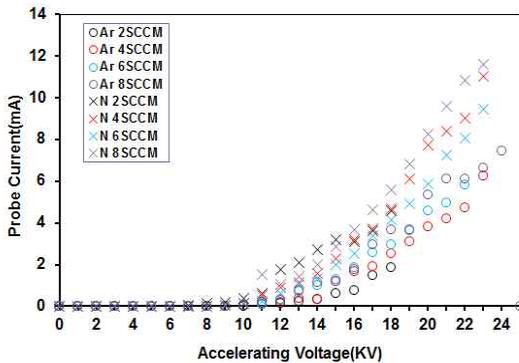


Fig. 2 Probe Current Measurement

3. 고밀도 전자빔 조사 전/후의 표면 특성 변화

고밀도 전자빔을 조사에 따른 금속재료의 표면 조도 특성 분석을 위한 기초 테스트를 실시하였으며, 사용된 시료는 정밀금형부품에 주로 사용되는 NAK80, SKD11, STAVAX 소재를 사용하였다.

Fig. 4 는 전자빔 조사 전/후의 표면 형상을 1200 배의 광학 현미경으로 관찰한 이미지이다.

Fig. 5 와 Table 1은 표면 조도 측정 결과이다. NAK80의 경우 표면조도 값이 전자빔 조사전보다 약 33% 정도 향상됨을 확인할 수 있었다.



Fig. 4 Optical microscope images of the surface after e-beam irradiations

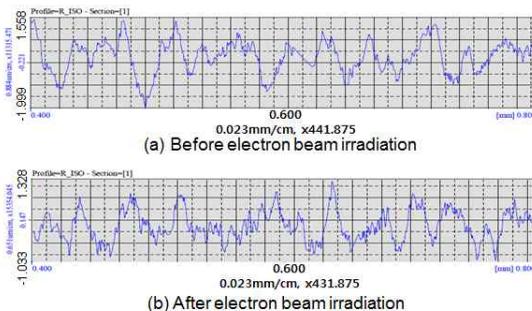


Fig. 5 Surface roughness profile

Table 1 Result of surface roughness

Materials	Before (μm)	After (μm)	Improvement Ratio(%)
NAK80	0.51	0.34	33%
SKD11	0.39	0.35	10%
STAVAX	0.31	0.23	26%

4. 결론 및 향후계획

개발된 플라즈마 방식 전자빔 소스의 전자빔 인출 실험결과 질소 사용 시 가속전압 22kV 정도에서 최대 10mA 이상의 전류를 얻을 수 있었다.

또한 금속소재에 따른 표면 조도 특성이 다르게 나타남을 확인 할 수 있었다.

향후 소재에 따른 표면조도 특성변화를 상세히 분석하고자 하며, 플라즈마 방식의 전자빔 소스의 가속전압 상승에 대한 연구를 진행할 예정이다.

후기

본 연구는 지식경제부 기술혁신사업인 산업 원천기술 개발 사업의 일환인 “정밀기계부품 가공용 고밀도 전자빔의 고속 청정 Finishing 공정 기술개발” 사업의 도움으로 수행 되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Yu, Z., et al., “Surface finishing of die and tool steel via plasma-based electron beam irradiation,” J. of Materials Processing Technology, 246-252, 2006
2. D.I. Proskurovsky., et al., “Use of low-energy, high-current electron beams for surface treatment of materials,” Surface and Coating Technology 96, 117-122, 1997
3. Junko TOKUNAGA., et al., “Large-area electron beam irradiation for surface polishing of cast titanium,” Dental Materials journal, 28, 571-577, 2009
4. 김한수, 김진석, 이동윤, 이석우, 강은구, “고밀도 전자빔 Finishing 공정기술 연구,” 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, 471-472, 2011
5. 임선중, 최지연, 강은구, 이석우, “고밀도 전자빔 Finishing 장비의 전자빔 집속 시스템 설계,” 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, 2011
6. Yoshiyuki Uno., et al., “High-efficiency finishing process for metal mold by large-area electron beam irradiation,” Precision Engineering, 449-455, 2005