

고밀도 전자빔 피니싱을 위한 전자빔 집속 실험 Experiment for Electron Beam Condenser of Finishing Instrument

*,#임선종¹, 최지연²

*,#S. J. Lim(sjlim@kimm.re.kr)¹, J. Y. Choi²

^{1,2} 한국기계연구원, 첨단생산장비연구본부, 광응용기계연구실

Key words : High density electron beam, Finishing instrument, Electron beam condenser, Electron Optics

2. 서론

피니싱(Finishing)이란 정밀 가공의 최종 단계에서 시편의 거칠어진 표면을 매끄럽게 하는 폴리싱(Polishing)과 가공 과정에서 발생한다. 버(Burr)를 제거하는 디버링(Deburring)을 모두 포함하는 공정을 뜻한다. 이 공정은 제품의 정밀도가 요구되는 가공물에 필요한 공정이다. 고밀도 전자빔 피니싱 기술은 큰 면적의 전자빔을 가공물 표면에 직접 조사하여 피니싱 공정을 수행하는 기술이다. 현재 전자빔 피니싱 기술은 전자빔을 집속 후 편향시켜 도즈(Dose)량을 제어하는 방식과 큰 면적의 전자빔 펄스를 이용하는 방식이 있다. 각각 곡면 형상과 넓은 면적의 피니싱 공정에 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 두 기술을 포함하는 전자빔 피니싱 장비 개발을 위한 핵심 요소중 하나인 전자빔 집속 장치의 집속 성능에 대한 실험 결과를 보이고자 한다.

2. 전자빔 집속 장치의 구성

전자빔 집속 장치는 자기장 렌즈를 이용하고 두 개의 집속 렌즈 및 하나의 대물 렌즈로 구성하였다. 집속 렌즈가 하나인 경우 집속률의 선형성이 떨어지므로 현재 대부분의 SEM에서 두 개의 집속 렌즈가 사용되고 있다. 스캔 장치가 대물 렌즈의 외부에 있으면 집속 장치가 길어지게 되므로 대물 렌즈가 스캔 장치를 포함하도록 구성하였다.^{1,2} 집속 장치는 60 [mm]의 빔 소스를 0.5 [mm]로 축소하기 위해 1/120의 반배율을 갖도록 설계하였다.

빔 소스는 전자빔 발생과 유지 보수의 편의성을 위해 플라즈마를 이용한 전자빔 발생 장치를 채택하였다. Fig. 1은 제작된 전자빔 집속 장치와 사용되는 전자빔 발생 장치를 보이고 있다. 진공 환경은 10^{-4} torr 이상을 유지하고 있다. 가공시 시편 혹은 센서에서 발생하는 가스로 인해 진공도의 변화가 발생한다. 이것은 진공도를 감지한 후 진공 밸브 라인을 자동 조정하여 문제를 해결하였다.

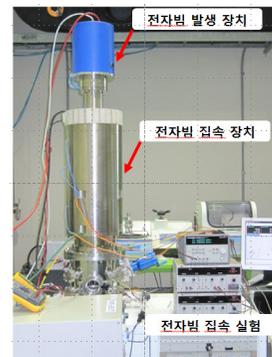


Fig. 1 Electron beam condenser instrument

3. 전자빔 집속 실험

집속 실험은 윗면에 15 [mm] 홀이 있는 패러데이 컵 구조의 센서를 이용하였다. 실험 진행은 다음과 같다. 첫째, 플라즈마에서 발생하는 전자빔에 대해 가속 전압을 변화시켜 센서 각 면의 전류 변화량을 측정하였다. 둘째, 집속 장치를 동작시켜 각 면의 전류 변화량을 측정하였다. 셋째, 위의 결과를 비교하여 집속 성능을 평가하였다. Fig. 2는 집속 전류를

측정하기 위한 센서를 보이고 있다. 가속 전압에 따라 에미션 전류의 증가가 선형적인 특성을 보여 전자빔 방출의 안정성을 확인하였다. Table 1 은 가속 전압의 변화에 대한 각 면의 측정 전류를 보이고 있다. 측정 결과, 가속 전압이 증가함에 따라 전류 밀도가 증가하여 윗면과 아랫면의 전류가 증가하는 것을 확인하였다. 윗면과 아랫면의 전류비는 가속 전압 10 [kV] 이후에서 약 19 [%]를 유지하고 있다.



Fig. 2 Sensor for condenser current

Table 1 Beam current without lens current

Acceleration voltage [kV]	Current of upper plate [μ A]	Current of lower plate [μ A]	Current rate of upper and lower plate [%]
1	0	0	0
2	0	0	0
3	-0.1	0	0
4	-0.2	0	0
5	-0.5	-0.1	20
6	-1.2	-0.2	0.167
7	-2.8	-0.6	0.214
8	-7.9	-1.6	0.202
9	-17.5	-3.5	0.2
10	-33.4	-6.5	0.195
11	-63.3	-12.3	0.194
12	-108.5	-20.9	0.193
13	-182.1	-35.1	0.193
14	-277.1	-53.9	0.195
15	-456	-63.2	0.138

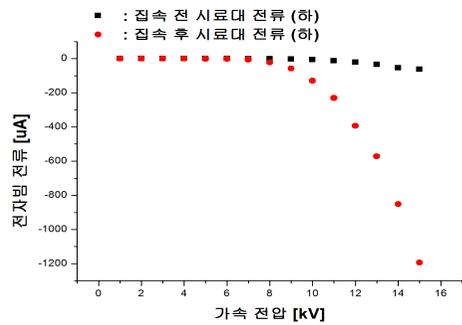
Table 2 Beam current with lens current

Acceleration voltage [kV]	Current of upper plate [μ A]	Current of lower plate [μ A]	Current rate of upper and lower plate [%]
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	-0.3	-0.1	0.333
5	-1.3	-0.4	0.307
6	-3.5	-1.7	0.485
7	-8.3	-5.9	0.711
8	-19.9	-21.8	1.095
9	-31.1	-57.3	1.842
10	-40.1	-129.3	5.718
11	-49.9	-230.1	4.613
12	-65.5	-393.1	6.00
13	-91.4	-572	6.25
14	-111.3	-851	7.64
15	-153	-1194	7.8

Table 2 는 집속 장치의 동작으로 홀을 통과한 전류량이 증가된 것을 보이고 있다.

Table 1 의 결과와 같이 가속 전압이 증가함에 따라 전류 밀도가 증가됨을 확인하였다. Fig. 3 은 아랫면에 대해 집속 장치 전·후의 전류 값의 변화를 나타내고 있다. 집속 장치 동작에 의한 전류량 분석에 의하면 가속 전압이 증가함에 따라 전류 밀도가 증가되는 것을 확인하였다.

Fig. 3 Comparison between two results of lower plate



4. 결론

본 논문에서는 전자빔 피니싱 장비용 전자빔 집속 장치에 대한 집속 성능 결과를 보였다. 제시된 실험 방법을 통해 집속 장치는 설계된 1/4 의 반배율 성능을 가짐을 확인하였다. 또한 가속 전압의 증가에 따라 전류 밀도가 증가됨을 확인하였다. 향후 스캔 장치를 추가하여 스캔 주파수에 의해 전자빔 도즈량을 조절하고 디버링 기능을 수행할 예정이다.

참고문헌

- Warren J, Smith., "Modern Optical Engineering," Mc Graw Hill, 339-436, 2007.
- Joseph I, Goldstein., "Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis," Plenum press, 21-67, 1992.