

고밀도 전자빔의 소재별 용융 특성 분석

Minimum melting energy of materials by High Density Electron Beam

*김진석¹, 김한수², 이석우², #강은구¹

*J. S. Kim¹, H. S. Kim², S. W. Lee², #E. G. Kang(egkang@kitech.re.kr)¹

¹한국생산기술연구원 IT융합생산시스템연구그룹, ²한국생산기술연구원 충청권지역본부장실

Key words : Minimum Melting Energy, High Density Electron Beam, Surface Polishing, Surface Roughness

1. 서론

전자빔 피니싱 기술은 고부가가치와 고정정확에 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 연구는 플라즈마 방식의 고밀도 전자빔 소스를 이용한 메탈소재의 표면 피니싱 연구를 진행하고 있으며, 이를 위해 각 소재를 용융시키기에 필요한 최소 에너지밀도를 실험을 통하여 분석하고자 한다.

2. 고밀도 전자빔의 최소 용융 에너지 측정

고밀도 전자빔을 이용한 표면 피니싱 공정을 위해 각 소재에 따라 용융에 필요한 최소 에너지 밀도를 확인할 필요성이 있다. 따라서 본 연구에서는 제작된 플라즈마 방식의 고밀도 전자빔 소스를 활용하여 실험을 실시하였다.

실험에 사용된 소재는 SKD11, SUS, STAVAX, NAK80, Al, Cu를 사용하였다. 시료의 형상은 열전도에 의한 에너지 손실을 최소화 하기 위해 0.5mmX0.5mmX30mm 크기의 시료를 제작하였으

며, 각 소재의 질량을 측정 하였으며, Table 1에 관련 결과가 나타나 있다.

실험 방법은 Fig 1과 같이 고밀도 전자빔 소스에서 가속된 전자빔을 소스 렌즈를 통하여 일정 크기로 집속 시킨 후 시료단의 전류(I₁)를 Tektronix사의 DMM4050장비를 이용하여 측정하였다.

실험 조건은 각 소재에 대하여 가속 전압을 23kV와 25kV로 하였을 때 빔을 맞아 시료가 용융되어 절단되어지는 시점까지의 전류를 0.2초 간격으로 취득하였다.

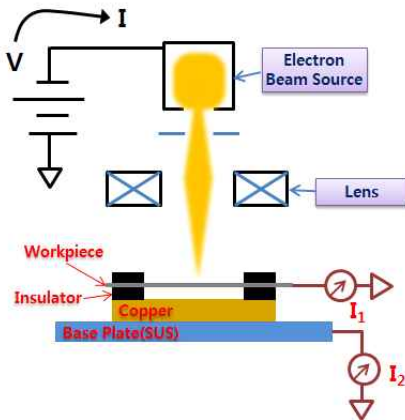


Fig. 1 Experimental schematic for minimum melting energy

Table 1 Specifications of workpiece

Materials	STAVAX	SUS	SKD11	NAK80	Al	Cu
Thermal Conductivity ^[7] (W/m·K)	161~23	16	25~33	14.3	210	400
Melting Temperatures ^[7] (°C)	1400 ~1420	1200 ~1500	1370 ~1400	.	660.37	1084.6
mass (g)	0.0427	0.0566	0.0488	0.0472	0.0131	0.0643

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 STAVAX 소재의 전류 측정 결과 및 실험 전·후의 시료 형상이다. 측정된 전류 값을 이용하여 다음의 식으로 에너지 밀도를 계산하였다.

$$E_d = \frac{V_a \cdot I_p \cdot t_b}{A} \quad (1)$$

여기서 V_a 는 가속전압, I_p 는 측정된 Probe전류량, t_b 은 빔이 시료에 머무는 시간을 나타내며, A 는 시료에 빔을 맞아 용융되는 부분의 면적을 나타낸다. Fig. 3은 위 식으로 계산된 각 소재의 에너지 밀도 값을 나타낸다.

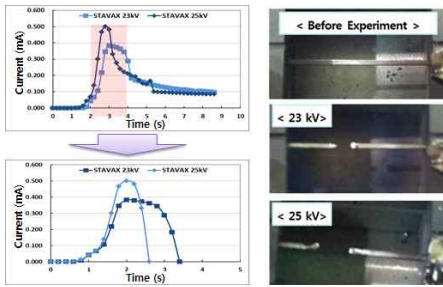


Fig. 2 Probe current profile through workpiece and photograph of melted workpiece of STAVAX

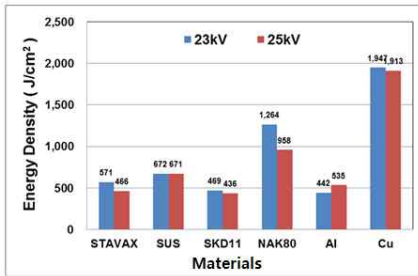


Fig. 3 Minimum melting energy evaluated according to materials

가속전압 25kV일 때 STAVAX의 경우 최소 용융 에너지는 466J/cm²이며 Al은 535J/cm², Cu는 1913J/cm²로 확인되었다. Cu의 경우 에너지 밀도 값이 상대적으로 높게 나타났다. 이는 다른 소재에 비해 열전도도가 매우 높기 때문인 것으로 판단된다. 반면, Al의 경우도 열전도도가 다른 소재에 비해 높기는 하나 질량과 녹는점이 상대적으로 매우 낮기 때문에 최소용융에너지가 크지 않은 것으로

판단된다.

4. 결론

고밀도 전자빔을 이용한 메탈소재의 피니싱 공정을 위해 각 소재의 용융에 필요한 최소 에너지 밀도를 실험을 통하여 분석 하였으며, 소재에 따라 용융 에너지 밀도 차가 있는 것을 확인하였다. 이는 소재의 열전도도, 녹는점, 질량과 관련이 있는 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 지식경제부 기술혁신사업인 산업 원천 기술개발 사업의 일환인 “정밀기계부품 가공용 고밀도 전자빔의 소속 청정 Finishing공정 기술개발”과제의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Zhanbo Yuet, Z.G. Wang, K. Yamazaki, S. Sano, “Surface finishing of die and tool steel via plasma-based electron beam irradiation,” J. of Materials Processing Technology, 246-252, 2006
- D.I. Proskurovsky, V.P. Rotshtein, G.E. Ozur, “Use of low-energy, high-current electron beams for surface treatment of materials,” Surface and Coating Technology 96, 117-122, 1997
- Junko Tokunaga, Tetsuya Kojima, Soichiro Kinuya, Kazumichi Wakabayashi, Takashi Nakamura, Hirofumi Yatani, Taiji Sohmura, “Large-area electron beam irradiation for surface polishing of cast titanium,” Dental Materials journal, 28, 571-577, 2009
- 김한수, 김진석, 이동윤, 이석우, 강은구, “고밀도 전자빔 Finishing 공정기술 연구,” 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, 471-472, 2011
- 임선중, 최지연, 강은구, 이석우, “고밀도 전자빔 Finishing 장비의 전자빔 집속 시스템 설계,” 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, 2011
- Yoshiyuki Uno, Akira Okadaet, Kensuke Uemura, Purwadi Raharjo, Toshihiko Furukawa, Kosaku Karato, “High-efficiency finishing process for metal mold by large-area electron beam irradiation,” Precision Engineering, 449-455, 2005
- <http://www.matweb.com>