

정밀기계부품 가공용 고밀도 전자빔의 고속청정 피니싱 공정 High Speed Ecological Finishing Process for Precision and Micro Pattern Products

*이동윤¹, 김한수², 김진석³, 이석우⁴, #강은구³

*D. Y. Lee¹, H. S. Kim², J. S. Kim³, S. W. Lee⁴, #E. G. Kang³(egkang@kitech.re.kr)

¹한국생산기술연구원 융합생산기술연구그룹, ²한국생산기술연구원 생산시스템연구그룹

³한국생산기술연구원 디지털협업센터, ⁴한국생산기술연구원 충청권지역본부

Key words : Ecological process, Electron beam, Finishing, Polishing, Deburring, Edge radiusing

1. 서론

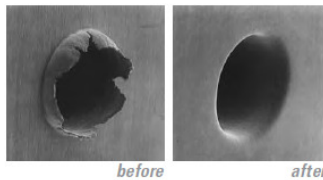
피니싱 공정(Finishing Process)은 기계가공 등의 다양한 방법으로 제작된 제품을 마무리하는 최종 공정으로서 표면조도를 향상시키기 위한 폴리싱(Polishing), 가공 중 발생하는 이물질을 제거하기 위한 디버링(Deburring), 가공물 에지(Edge)의 날카로움(Sharpness)을 제거하여 재료의 상품성을 높이고 제품 끝단의 파손을 줄이기 위한 에지 레디어링(Edge radiusing) 등을 포함하고 있으며, 제품의 정밀도가 요구되는 가공물에는 반드시 필요한 공정이다. 일반적인 폴리싱 공정은 가공 재료 표면을 문지르거나(Rubbing) 화학적 방법(Chemical treatment)을 이용하여 Fig. 1 (a)와 같이 제품의 표면조도를 향상시킨다. 버(Burr)는 기계 가공 중에 재료의 소성변형으로 인하여 모서리에 형성되는 이물질을 의미하며 가공물의 품질 뿐만 아니라 작업 안전성에도 문제를 야기할 수 있기 때문에 반드시 제거되어야 한다. Fig. 1 (b)에서와 같이 버를 제거하는 공정을 디버링 공정이라고 하며, 일반적으로

수작업, 브러싱 및 연마 등의 방법을 이용하고 있다.

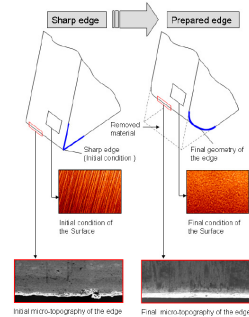
의료기기, 반도체 부품, LCD 부품, 반도체 제조 장비 등의 성장 동력산업에는 필수적으로 초정밀 기계부품이 많이 사용되고 있으며, 이러한 부품 생산을 위하여 피니싱 공정이 많이 적용되고 있다. 그러나, 지금까지의 주된 피니싱 공정은 직/간접적으로 물리적인 방법을 이용하여 소재를 제거하는 방법을 이용하였기 때문에 에너지의 과다 사용과 환경오염을 필수적으로 수반하는 문제점을 안고 있었다. 예를 들어, 폴리싱 공정은 대표적인 환경오염 유발 공정으로서 다량의 에너지와 용수를 필요로 하고 있다. 최근의 전지구적인 친환경 녹색성장 에 대한 관심은 제조현장에서도 예외는 아니어서, 친환경성을 내세우는 많은 제조 공정들이 소개되고 있으며, 고밀도 전자빔을 이용한 피니싱 공정도 그 한 예가 될 수 있다. 고밀도 전자빔 피니싱 기술은 60mm 급의 큰 직경을 가지는 전자빔을 고밀도화하여 가공물에 직접 조사(Showering) 하는 방식으로 표면조도 및 경도와 같은 특성을 향상시킬 수 있으



(a) Polishing process



(b) Deburring process



(c) Edge radiusing

Fig. 1 Finishing processes

며 버 및 미세한 틈(Micro crack)을 제거할 수 있는 기술을 말하며, 특히 넓은 면적을 가공하면서도 물과 같은 액체를 사용하지 않기 때문에 고정정과 고효율을 모두 추구할 수 있다.

본 논문에서는 정밀기계용 부품 가공을 위한 피니싱 공정에 대해서 살펴보고, 특히 고밀도 전자빔 피니싱 공정에 대해서 논하고자 한다.

2. 정밀기계 부품류 피니싱 기술

정밀기계 부품산업의 부가가치는 제품의 생산 공정에 의해서 크게 좌우되며, 특히 제품의 최종 마무리 공정인 피니싱 공정에서 제품의 경쟁력 및 기술력이 결정되고 있다. 즉, 정밀기계 부품은 가격 경쟁력보다는 품질경쟁력을 확보한 업체들이 세계 시장을 선점하고 있다. 그러나, 국내 정밀기계 부품업체는 정밀가공기술의 미비, 특히 피니싱 공정에 대한 기술력 미비로 제품 및 기업 신뢰성 확보에 어려움을 겪고 있다.

정밀기계 부품 피니싱 공정의 기술발전을 살펴보면 1940년대부터 수작업을 통해 진행해온 정밀화의 단계를 거쳐, 1990년대 이후로 다축 자동화 장비를 통한 고효율화를 추구하는 단계를 거친 후, 2005년 이후로 전자빔 등을 이용한 고정정화 단계에 진입하고 있다. 현재 고정밀 기계 부품류 제작을 위해 사용되고 있는 정밀 피니싱 장비는 AFM(Abrasive Flow Machining), ECM(Electrolytic Machining) 및 TEM(Thermal Energy Method) 등으로 각종 디버링 공정이나 표면조도 향상이 가능하나 이러한 장비들은 어느 한 용도에 특화되어 있어서 다양한 피니싱 공정을 하나의 장비로 처리하는데 어려움이 있었다. 또한, AFM의 경우 물리적

충돌에 의한 공정으로서 지립 액체의 폐액 처리문제 및 세정 문제, 가공재료에 따른 지립 액체 선정의 어려움 등의 단점을 가지고 있고, ECM 역시 전기화학적 분해를 이용하는 공정으로서 강산의 폐액 처리문제 및 작업자의 상해 문제, 작업 이후의 세정 및 최적 조건 선정이 어렵다는 단점을 갖고 있기 때문에, 최근의 고정정화 제조공정에 대한 요구에 대응하는데 한계를 가지고 있었다. 반면, 전자빔 피니싱의 경우 전자빔 입사에 의한 시편 표면의 국부적인 용융(melting) 및 증발(evaporation) 현상을 이용하는 공정으로서 오염 물질을 사용하지 않기 때문에 친환경 공정으로 분류될 수 있으며, 복잡한 형태 및 미세한 형상에 대응이 가능한 장점을 갖고 있을 뿐 아니라 표면 경도 및 내식성 향상 등의 부가적인 표면 개질 효과도 기대되고 있다. 이러한 전자빔 피니싱 공정은 정밀베어링 생산공정 중의 폴리싱 공정과 세정 공정을 대체할 수 있으며, Metal mask 생산공정 중의 전기화학 디버링 공정 및 세정 공정을 대체할 수 있는 공정으로 연구 개발되고 있다.

3. 고밀도 전자빔 피니싱공정

고밀도 전자빔 피니싱 공정은 전자빔을 집속하여 사용하는 디버링 공정과 넓은 표면에 조사하여 사용하는 폴리싱 공정에 동시에 사용할 수 있는 산업 전반에 적용 가능한 피니싱 공정이다. 특히, 향후 지속적인 시장 확대가 기대되는 고부가가치 산업인 정밀기계부품 시장에서 요구되는 핵심기술임과 동시에 잔류 이물질 극소화를 통한 환경오염 최소화를 추구하는 고정정 기술로서 향후 전자빔의 특성을 이용한 열처리, 코팅, 표면 합금 제작 등의 다양한 용도로도 활용될 수 있다.

Table 1 Comparison of finishing processes

(Revised by authors based on [1])

	AFM (Abrasive flow machining)	TEM (Thermal Energy Method)	ECM/ED (Electrolytic Machining)	EB (Electron Beam)
Deburring (Internal/External)	☆	○	☆	☆
Controlled corner and edge radius in hole size <1.5mm dia.	○		○	○
Finishing hole size < 0.4mm dia.				☆
Polishing and forming contoured surface			○	☆
Polishing internal surface & passage	☆		○	○
Removal of thermal request layer	○		○	
Removal of laser erosion recast layer	○		○	☆
Removal of sharp edges and burrs	○	○	☆	☆
Surface finish improvement <1um	○		○	○

후기

본 연구는 지식경제부에서 산업원천기술개발 사업으로 지원하는 ‘정밀기계부품 가공용 고밀도 전자빔의 고속 청정 피니싱 공정 기술 개발’ 과제를 통해서 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Extrude Hone (Finishing technology/ Finishing solutions), Catalogs of Kennametal Extrude Hone (www.extrudehone.com)