

전자기장 효과를 이용한 마이크로 버 제거 가공기술

이용철* (연암공업대 교수), 이종열, 김전하, 안재현(㈜테크노라이즈), 김정석, 이득우(부산대 교수)

Machining Technology for the Micro-Burr Removal using Electro-Magnetic Field Effect

Y. C. Lee(Yonam Tech. Jr. College), J. Y. Lee, J. H. Kim, J. H. Ahn(Technorise. Co.),

J. S. Kim, D. W. Lee(Pusan National University)

ABSTRACT

The machining technology for the removal of micro-burr has been demanded because electrode parts of electron gun have minute holes. In this study, Magnetic Assisted Polishing(MAP) is applied to remove the micro-burr instead of the conventional polishing process such as the etching and barrel. Optimal polishing conditions are selected from many experiments using the tool of the flat end slit type. On the basis of experimental results, the deburring machine for the Magnetic Assisted Polishing of electrode part is developed and its performance is evaluated.

Key Words : Magnetic assisted polishing(자기연마), Micro-burr(마이크로 버), Deburring machine(디버링머신), Electron gun(전자총), Electrode(전극), Automation(자동화).

1. 서론

각종 기계가공 공정 중에서 박판 소재들을 이용한 펀칭 부품들은 항상 펀칭 후면부에 버(Burr)가 생성되게 된다. 규모가 큰 부품에 대해서는 수작업에 의한 디버링 작업이 가능하지만, 소형 부품들의 구멍에 대해서는 수작업에 의한 디버링으로는 정밀도를 확보할 수 없게 된다. 더욱이, 전자산업에서 전자총에 삽입되는 부품들은 아주 미세한 구멍이 버가 없이 가공되어야 하므로 이러한 마이크로 버 제거 가공기술이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

현재 이러한 소형 부품의 마이크로 버를 제거하기 위해 바렐연마 또는 화학적인 에칭공정이 수행되고 있다. 바렐연마의 경우에는 지식들이 부품의 외부 형상에 생성된 버들은 제거를 할 수 있지만, 부품 내면에 형성되어있는 미세 구멍의 버에 대해서는 전혀 효과를 발휘하지 못하고 있으며, 에칭공정의 경우에는 환경친화적인 추세에 역행하는 공정이기 때문에 반드시 대체가 필요한 공정으로 대두되고 있다.

부품 내면의 미세 버를 제거하기 위해 바렐연마와 에칭공정을 대신할 유일한 방법으로 자기연마기

술의 적용이 가능할 것이다. 자기연마기술은 오랜 연구 역사를 가짐에도 불구하고 국내에서는 아직 알려지지 않고, 연구나 실용화 기술이 널리 보급되지 않고 있는 실정이다.⁽¹⁻⁴⁾ 가까운 일본의 경우에는 전기 전자부품의 박판프레스 가공물의 버제거 가공에 자기연마기술이 실용화되어 있으며, 프레스 가공 후에 바로 자기연마에 의한 버제거가 가능한 자동화시스템이 구축되어 있다.⁽⁵⁾ 그리고, 자기연마 기술은 환경친화적인 연마기술이며, 연마공정을 자동화하기에 가장 적합한 기술로 대두되고 있다.

본 연구에서는 전자총 부품의 전극에 있는 미세 구멍의 버를 제거하기 위하여, 기존의 전통적인 연마공정들이 아닌 자기연마법을 적용하였다. 전극에 대한 펀칭공정 후에는 펀칭 후면에 약 15 μm 정도의 버들이 형성되게 되며, 이를 자기연마를 적용한 결과 확실한 버의 제거가 가능하게 되었다. 이러한 결과를 얻기 위한 최적의 가공조건 선정 등에 대한 연구가 주로 이루어졌으며, 결과를 바탕으로 하여 본 실험에 적용된 부품들을 실제 필드에서 적용하기 위해 생산성, 비용, 자동화를 고려한 디버링머신이 제작되어 시스템의 성능과 디버링 효과가 평가되었다.

2. 실험방법과 시스템 개발

2.1 실험방법

3축 머시닝센터에 자기연마헤드를 부착하고, 연마부품을 평면상에 클램핑(Clamping)하여, 샘플들에 대해 실험이 행해진다. 개략적인 실험장치와 방법을 Fig. 1, 실험에 사용된 장비 및 연마조건들을 Table 1에 나타내었다.

반복적인 실험과 경험을 통한 결과로부터 연마입자, 주축회전수, 연마간극, 자력세기는 고정하였다. 최적의 자기연마조건을 찾기 위하여 연마시간을 변경하면서 실험을 행하였으며, 한쪽 면으로의 급격한 디버링을 피하기 위하여 주축의 회전을 정·역방향 교대로 시도함으로써 한쪽 면으로의 급격한 디버링을 피하게 하였고, 자동화 생산라인의 적용을 고려하여 이송에 따른 실험도 병행하였다.

2.2 자기연마 시스템 개발

수직형 공구의 회전을 통한 방법은 차후 자동화 생산라인 적용시에는 부품공급, 부품고정, 부품이송 등의 다각적인 문제가 발생할 것으로 예상되어 본 실험에 적용된 전극 부품을 디버링하기 위한 시스템은 크게 연마부, 전원부, 탱크부, 이송부로 구성

되어 있고, 주축회전수와 지그이송의 변환이 가능하며, 압축공기와 급유장치를 통해 기본적인 유체공급과 세척이 가능하도록 구축되었다. 본 시스템에서 가장 중요시 되어야 할 부분은 부품의 고정지그와 공구의 형상이다. 1개의 지그에 총 12개의 전극 부품을 놓이고, 덮개로 고정되도록 특수하게 제작되었으며, 공구는 3열 톱니바퀴 형태로 제작되었다.

수직형에 비해 수평형은 부품의 고정과 이송이 편리하고 생산성을 높일 수 있으며, 미세 구멍 이외의 부분에 대한 불필요한 연마를 피할 수 있는 장점을 가지고 있다.

이렇게 제작된 전극 부품 자기연마 디버링머신에 대한 연마성 평가를 통해 최적의 이송속도가 선정되었고, 현장적용시의 가능한 생산성이 파악될 수 있었다.

3. 실험결과 및 고찰

전극부품의 미세구멍은 Fig. 2에서와 같이 편칭 작업으로 인해 편칭 후면에 미소 버가 존재하고, 이로 인해 불균일한 형상이 이루어지게 된다. 전극 종류별 초기 버가 존재하는 미세구멍 형상을 Fig. 3에 나타내었다.

3.1 연마시간에 따른 디버링

연마시간에 따라 구멍형상의 현저한 차이를 Fig. 4에서 알 수 있으며, 시계방향 한쪽으로의 주축회전으로 인해 그림의 오른쪽이 심하게 디버링됨을 알 수 있다. 또한, 사각형 구멍을 가진 전극 B의 경우에는 원형 구멍을 가진 전극 A와 달리 특정 모서리 부위가 급격히 디버링됨을 알 수 있다. 자

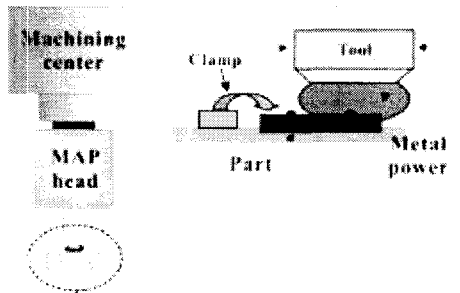


Fig. 1 Experimental setup and method

Table 1 Experimental apparatus and polishing condition

| Experimental apparatus | |
|------------------------|-------------------------|
| Machining center | Tongil. Co. TNV-40A |
| Microscope | Olympus |
| Electrode part | Type A, B, C, D |
| Tool | Flat end slit type(φ30) |
| Polishing condition | |
| Magnetic abrasive | Nbc+Fe |
| Abrasive size | 50~100 μm |
| Polishing clearance | 1mm |
| Polishing time | 1, 2, 3 min |
| Magnetic flux | 1.0T |
| Spindle speed | 1,000rpm |
| Feedrate | 10, 20 mm/min |

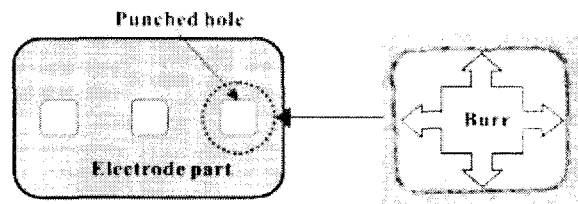


Fig. 2 Burr created on the micro hole edge

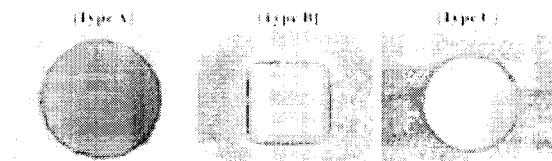


Fig. 3 Burr shapes by the electrode type

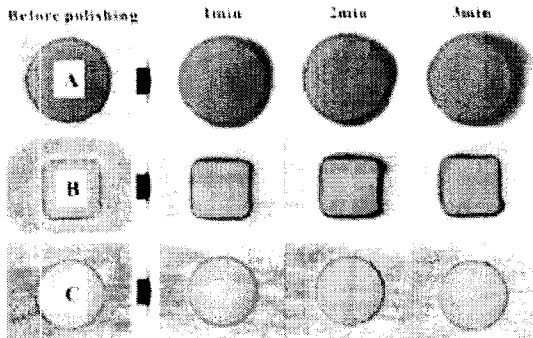


Fig. 4 Hole shapes according to the polishing time

기연마의 원리는 가공물과 연마입자의 상대운동에 의해 연마가 되는 것이므로 자성체인 전극 A, B 비해 비자성체인 전극 C에 대한 디버링 성능이 떨어지고 있음을 확인할 수 있다. 하지만, 비자성체의 자기연마 성능을 높이기 위하여, 자성체 지그 위에 전극을 고정시킨 결과 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 생산성과 직결되는 연마시간은 1 min 정도면 충분하고, 한쪽 부위의 급격한 디버링은 주축의 회전을 시계방향과 반시계방향으로 병행하면 해결될 것으로 예상된다.

3.2 이송에 따른 디버링

이송에 대한 미세구멍의 디버링 특성에서도 Fig. 5에서와 같이 한쪽 부위로 급격하게 디버링이 진행되고, 이송이 느릴수록 디버링효과가 커짐을 알 수 있다. 이송 20 mm/min에서도 효과적인 버제거가 가능하였다.

3.3 회전방향에 따른 디버링

주축의 시계방향 회전으로 인한 한쪽 부위의 급격한 디버링을 피하기 위하여, 주축을 동일한 시간에 대해 시계방향과 반시계방향으로 회전시키면서 디버링한 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

특히, 전극 A의 경우에는 원형 구멍 전체에 대해 균일한 디버링이 진행됨을 알 수 있다. 따라

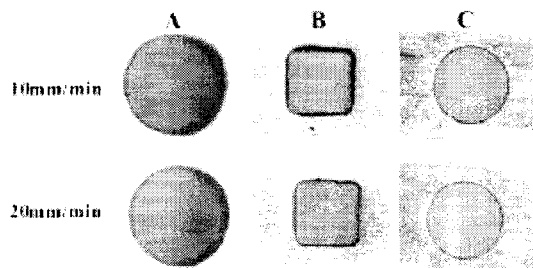


Fig. 5 Hole shapes according to the feedrate

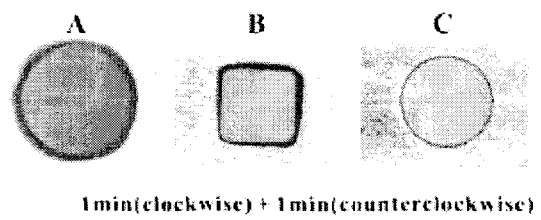


Fig. 6 Hole shapes according to the rotating direction of spindle

서, 주축회전 방향의 병행으로 한쪽으로의 급격한 디버링은 해결될 수 있을 것이다.

4. 시스템 평가 및 고찰

실험을 통해 얻어진 결과를 토대로 만들어진 시스템의 내부 전경을 Fig. 7에 나타내었다. 시스템의 평가를 위한 전극 모델의 샘플 3 개에 대한 구멍형상을 Fig. 8에 나타내었으며, 형성된 버의 크기가 다를 수 있음을 확인할 수 있다.

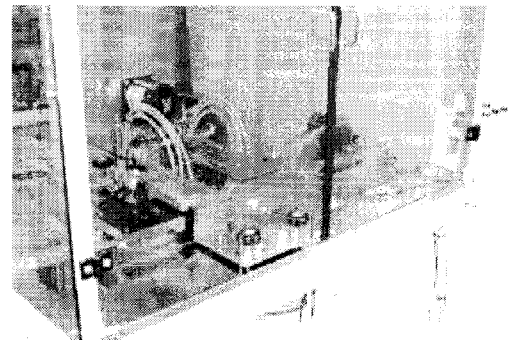


Fig. 7 Inside of the simulator

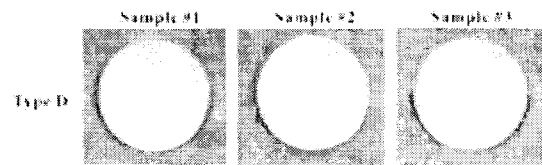


Fig. 8 Hole shapes of sample for the system evaluation

Table 2 Polishing conditions for the system evaluation

| Polishing condition | |
|---------------------|----------------------|
| Magnetic abrasive | Nbc+Fe, 4g |
| Abrasive size | 50~100 μm |
| Polishing clearance | 0.7mm |
| Magnetic flux | 0.6T |
| Spindle speed | 400rpm |
| Feedrate | 26, 32, 40, 80mm/min |

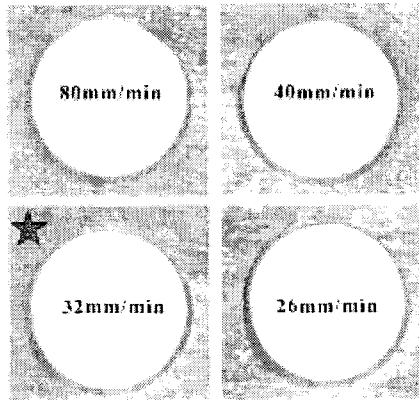


Fig. 9 Hole shapes according to the feedrate

입자탈락과 디버링 성능을 고려하여 주축회전과 연마간극, 자력세기는 고정하였으며, 생산성을 고려한 지그의 이송만을 변경하면서 평가를 실시하였다.

이송에 따른 디버링 성능을 평가한 결과, Fig. 9에서와 같이 이송 약 30 mm/min 정도에서 미세 구멍의 버가 완전히 제거됨을 확인하였다.

이러한 수평형 주축회전에 의한 자기연마 디버링머신의 개발과 평가를 통해 박판 미세구멍 형상에 대한 미세 버의 제거 가능성을 확인하였다.

5. 결론

전자기장 효과를 이용한 미세구멍의 마이크로 버 제거를 위한 실험과 시스템개발을 통해 얻어진 결과는 다음과 같다.

1) 수직형 Flat end slit type 공구의 사용시 원형 구멍은 한쪽 부위로, 사각형 구멍은 한쪽 모서리 부위에 급격한 디버링이 진행됨을 알 수 있었으며, 이러한 문제는 주축회전을 시계방향과 반시계방향으로 병행함으로써 해결될 수 있었다.

2) 비자성체 전극의 경우에는 자성체 위에 전극을 고정함으로써 디버링 효과를 높일 수 있었다.

3) 수직형 Flat end slit type 공구의 사용시 박판 미세구멍을 가진 전극에 대한 최적의 연마조건은 주축회전 1,000 rpm, 연마간극 1 mm, 연마시간 1 min, 이송 20 mm/min, 주축회전의 시계/반시계방향 병행으로 선정되었다.

4) 실험결과로부터 전극 미세구멍의 버제거를 위한 자기연마 디버링머신이 개발되었으며, Type D 전극에 대해 이송은 약 30 mm/min 가 최적으로 선정되었다.

향후 연마입자의 재처리와 세척에 대한 문제의 검토와 평가를 거쳐 시스템에 추가할 예정이며, 자동화가 가능하도록 연구가 진행될 것이다.

참고문헌

1. Y. C. Lee, D. W. Lee, J. Y. Lee, "Magnetic Abrasive Finishing for the Internal Pistons Surface of the Hemisphere Shape," Proceedings of Precision Surface Finishing and Deburring Technology, pp. 81-86, 2002
2. 이용철, 이응숙, 최현중, "자기연마법을 이용한 불나사의 연마가공에 관한 연구," 한국 정밀공학회 추계학술대회논문집, pp. 43-47, 1997.
3. 이용철, 安齊正博, 中川威雄, "금형면의 자기연마가공 고효율화에 관한 연구," 한국 정밀공학회지, 제 13 권, 제 6 호, pp. 59-65, 1996.
4. 中川威雄 外 4 人, "磁氣를 이용한 금형곡면의 표면사상," JSPE, Vol. 57, No. 12, pp. 2209-2212, 1991
5. Masahiro. Anzai, Takeo. Nakagawa, Nobuhiro. Yoshioka and Shigeki. Banno, "Development of Inline Micro Deburring Method Applying Magnetic Polishing," Proceedings of Precision Surface Finishing and Deburring Technology, pp. 1-8, 2002