

# 교차구멍에 발생하는 미소버의 제거를 위한 영구자석 인덕터의 효율적 운용 Effective deburring of micro-burrs on the intersecting hole by permanent magnet inductor

\*조소라<sup>1</sup>, #고성립<sup>2</sup>, Yuri M.Baron<sup>3</sup>

\*S. R. Jo(soranara@konkuk.ac.kr)<sup>1</sup>, #S. L. Ko(slko@konkuk.ac.kr)<sup>2</sup>, Yuri M.Baron(baron\_yuri2002@mail.ru)<sup>3</sup>  
<sup>1,2</sup> 건국대학교 기계설계학과, <sup>3</sup>Saint-Petersburg State Polytechnic University

Key words : magnetic-abrasive finishing (MAF), burr, magnetic inductor, abrasive, cross hole, intersecting hole

## 1. 서론

본 연구의 목적은 일반적인 공구의 접근이 어려운 교차구멍 내의 버를 효과적으로 제거하기 위함이다.

본 연구실에서 기존에 수행되었던 실험결과에 따르면 교차구멍 내에 발생하는 버는 평면에 발생한 버와 달리 일정하게 형성되지 않으며 표면 경사각의 변화에 따라 버의 크기가 달라진다. 이러한 불균일 버는 균일한 버보다 디버링 과정 중 변형을 일으키기 쉽고 가공에 어려움이 따른다. 또한 시편 형상의 특성상 기존에 설계된 평면 디버링용 자기 유도자의 접근이 어려우므로 공구가 버에 미치지 못해 교차구멍 디버링에 적용이 불가능하여 교차구멍 내에 접근이 용이하도록 크기가 작고 간단한 구조를 가진 MI-4와 MI-5 자기 유도자를 새롭게 설계, 제작하게 되었다.

영구 자석 자기 유도자는 전자석 자기 유도자에 비하여 자력을 변경할 수 없다는 단점을 가지고 있으나 전력 공급 장치 등 부가적인 장치들이 필요하지 않기 때문에 설비를 간소화 할 수 있고, 크기가 현저히 작아 교차구멍의 버에 접근이 용이하다.

최적의 디버링이 가능한 가공조건의 선정을 위하여 작업간격과 가공효율과의 관계 및 작업간격과 표면조도의 관계, 가공에 따른 파우더의 변화 등을 살펴보고 이러한 조건들이 디버링에 어떤 영향을 미치는지 연구하였다.

## 2. 실험 방법 및 내용

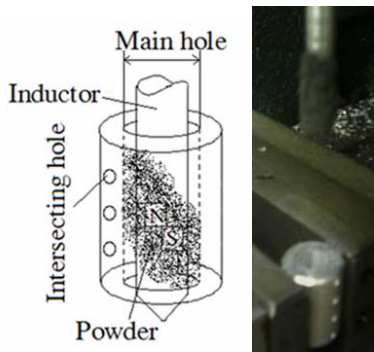


Fig. 1 Arrangement of magnetic inductor and sample in MAF experiment II

Fig. 1와 같이 각  $\Phi 14$  드릴에 의해 주곡면을 만들고  $\Phi 3$  드릴로 교차구멍을 만들어 이와 같은 형상으로 제작된 시편 내부에 발생한 버의 제거 실험을 하였다.

실험 조건은 이전 연구 결과에서 검증된 최적조건인 RPM과 MI-4 자기유도자를 사용해 쿨런트를 공급하며 실험하였다.  
 Table. 1 Condition of MAF experiment

Inductor MI-4	Powder Fe-Tic
Coolant 3% aqueous solution	Main hole $\Phi 14$ , Cross hole $\Phi 3$
Rotational speed 1000rpm	Sample AL6061

본 연구에서 사용된 시편은 단힌 실린더 형상으로 디버링 이전의 버의 높이 측정이 불가능하다. 따라서 가공전의 버의 높이를 측정하기 위해 Fig. 1의 시편을 Crossing hole과 수직방향으로 반으로 쪼갠 후 버의 크기를 측정하고 디버링 시 조립하고 분리하여 측정하는 방법을 사용하였다.

또한 약  $500 \mu\text{m}$  정도 크기의 지립을 이용하여 버를 가공하기 때문에 절삭1회당 가공량이 매우 작아 초기버가 작을수록 가공 후 결과가 더 우수한데 일반적으로  $\Phi 3$ 드릴 버는  $0.1\sim 0.3\text{mm}$ 까지 크기가 매우 다양해서 초기버 크기에 대한 오차를 최소화 하기 위해 한 시편에 Crossing hole을 여러 개 제작한 후 초기버의 크기를  $0.13\sim 0.15\text{mm}$  사이의 값인 버만 선택적으로 측정하여 경향성을 알아보았다.

(a) Working gap 에 따른 버의 변화

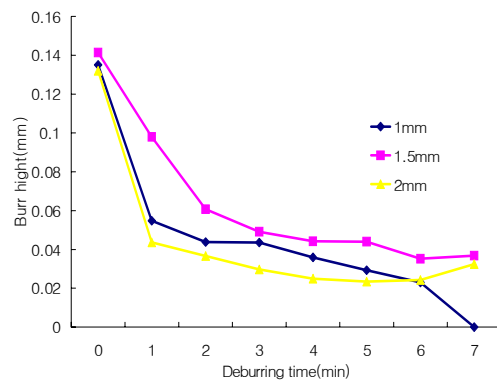


Fig. 2 Variation of burr height according to working gap

Fig.2를 보면 시편과 인덕터 사이의 Working gap 이 1mm인 경우에 1.5mm, 2mm간격에서 디버링한 경우보다 같은 시간 동안 7분간 가공 후 버가 완전히 제거되었으므로 가장 효과적임을 알 수 있다.

2mm Working gap에서 가공하는 경우 시편과 인덕터 사이에 많은 양의 파우더를 포함할 수 있어 가공시작 후 1분간 가장 빠른 디버링 효과가 나타났지만 초기버보다  $0.1\text{mm}$  정도 작아진 후에는 현저하게 가공이 느려지는 현상을 볼 수 있다.

이는 버의 크기가 작아질수록 버와 인덕터의 거리는 증가하여 같은 양의 파우더를 사용할 때 Working gap이 커지고 작업공간 내의 압력이 작아져 파우더의 절삭력이 감소하기 때문이다.

(b) 가공 후 파우더 지립의 변화

Fig.2의 그래프에서 보여지듯 가공시간이 증가할수록 버의 제거량이 감소하는 것은 파우더의 수명에도 관계가 있다. 가공을 반복하는 동안 파우더의 크기가 감소하는 것을 확인할 수 있었고 처음엔 길쭉하고 각진 모양의 지립의 끝이 둥글게 변화된 모습을 볼 수 있다. (Fig.3)

가공 전 파우더의 크기는 측정결과 약  $500\sim 400 \mu\text{m}$ 이고 7분간 가공 후 파우더의 크기는  $300\sim 250 \mu\text{m}$ 가 되었다. 이것은 공작물과 자기 유도자 사이의 작업 공간 사이에서 지립이 부서지거나 파우더에 부착된 연마재가 반복 가공하는 과정에서 탈락하는 현상 때문이다. 따라서 효과적인 디버링을 위해서는 파우더의 가공 지속성을 파악하고 적절한 시간에 파우더의 교체 혹은 가공 중 파우더를 추가할 필요가 있다. 따라서 추후 연구에서 파우더의 수명에 관한 실험을 지속할 계획이다.

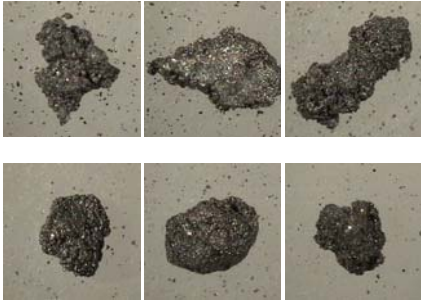


Fig. 3 Fe-Tic Powder (a) Before (b) after 7min

(c) 가공 후 표면조도의 변화

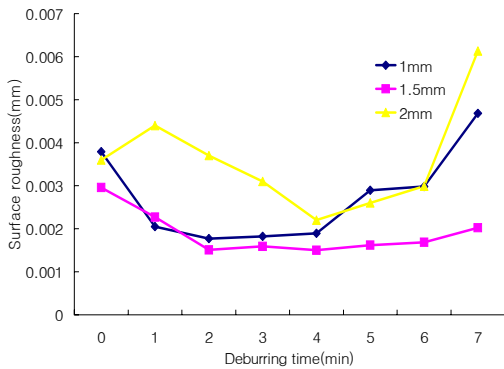


Fig. 4 Variation of surface roughness according to working gap

가공전 Ra값은 약 3~4  $\mu\text{m}$  정도로 디버링 후 1mm와 1.5mm Working gap 에서는 2분~4분사이 일정시간동안 표면조도가 개선되는 효과를 보인다 그 이후에는 가공시간이 길어질수록 표면이 손상되어 표면조도가 상승한다.

본 실험에 사용된 Fe-Tic 파우더 지립의 사이즈는 40~30  $\mu\text{m}$ 이다. 기존 연구결과에 따르면 파우더 지립의 사이즈를 결정하는 것이 가공효율과 표면조도에 큰 영향을 미친다.

본 실험에 사용한 지립보다 클 경우 본 연구결과보다 가공효율은 좋아지나 표면조도 손상이 증가하며 지립이 작을 경우 표면조도가 우수해지나 가공효율이 감소하는 경향을 나타내기 때문에 자기연마 가공 시 원하는 표면상태나 디버링 효과를 고려하여 지립 사이즈의 결정이 선행되어야 하며 그 이후에 가공시간 선정을 해야 할 것이다.

약 1.5  $\mu\text{m}$  이상의 표면상태는 파우더가 연마작용을 하여 표면상태가 개선되고 그 이상의 표면조도에서는 가공시간이 길어질수록 파우더의 스크래치와 표면에 파우더 성분이 침투하여 표면이 파우더 색의 영향으로 검어지며 조도 또한 불량해지는 것을 알 수 있다. (Fig.5)

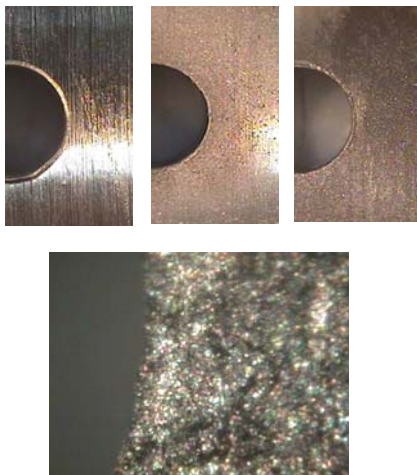


Fig. 5 (a)Surface-before, and after 3min, 7min (b) 7min zoom

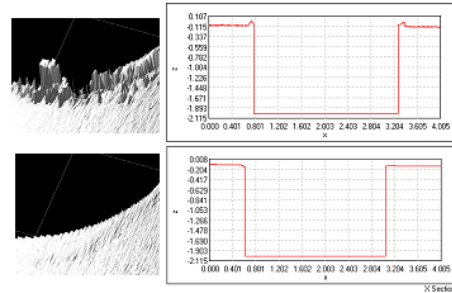


Fig. 6 Measurement result Before deburring(a), After 7min(b)

Fig.6 은 본 연구실의 측정시스템으로 버의 높이를 측정할 결과로 가공전 버와 디버링을 마친 후의 버의 상태를 확인할 수 있다. 7분간 가공 시 버가 완전히 제거 되었음을 알 수 있다.

### 3. 결론

본 연구에서는 교차구멍의 디버링을 위해 공작물에 접근이 용이하도록 더욱 작고 간단한 구조의 자기 유도자를 설계, 제작하였으며 설계된 자기 유도자에 적합한 가공 조건의 최적화를 위해 실험을 수행하였다.

이 자기 유도자를 이용하면 머시닝 센터에서 공정의 자동화가 가능하고 수작업이나 공구의 접근이 어려운 부분의 디버링이 가능하며 따라서 가공효율을 높일 수 있다고 기대된다.

디버링 특성 분석에 관해서는 다음과 같은 결론이 도출 되었다.

1. 인덕터 사이의 작업공간이 1mm인 경우에 1.5mm, 2mm간격에서 디버링한 두 실험의 경우보다 같은 시간 동안 7분간 가공 후 버가 완전히 제거되었으므로 가장 효과적임을 알 수 있다.
  2. 가공을 반복하는 동안 파우더의 크기가 감소하는 것을 확인할 수 있었고 처음엔 길쭉하고 각진 모양의 지립의 끝이 둥글게 변화된 모습을 볼 수 있다.
- 가공이 진행 될수록 파우더에 부착된 연마재의 탈락 현상으로 인해 파우더의 성능이 저하되며, 따라서 효과적인 디버링을 위해서는 파우더의 가공 지속성을 파악하고 적절한 교체가 필수적이다.

### 참고문헌

- [1] Baron, Yu. M, "Technology of abrasive finishing inmagnetic field," Leningrad, Mashinostroenie, pp.128, 1975.
- [2] Baron, Yu. M, "Magnetic abrasive and magnetic finishing of products and cutting tools." Leningrad (Rus), pp.172, 1986.
- [3] Yamaguchi, Hitomi, Shinmura, Takeo, "Study of an internal magnetic abrasive finishing using a pole rotation system .Discussion of the characteristic abrasivebehavior," Precision Engineering Journal of the International Societies, pp.237-244, 2000.
- [4] Ko, Sung-Lim, Baron, Yuri M., Chae, Jeong Won, Polishuk, Vladimir S., "Development of Deburring Technology for Drilling Burrs using Magnetic Abrasive Finishing Method," LEM21, November, Niigata, Japan, 2000.
- [5] Baron, Yuri, Ko, Sung-Lim, Repnikova, Elena, "Experimental Verification of Deburring by Magnetic Abrasive Finishing(MAF) method," 2nd Asia Pacific Forum on Precision Surface Finishing and Deburring Technology, Seoul, Korea, 22-24, pp166-178, July, 2002.
- [6] Jong-won Chae, Sung-Lim Ko, Yuri M. Baron, " Magnetic Abrasive Deburring Character Analysis According to the Powders," KSPE, 03s446, June 2003.
- [7] Baron, Yuri, Ko, Sung-Lim, Park, jung Il, "Characterization of magnetic abrasive finishing method and Its application to Deburring," ISAAT 2005, pp291-296, July, 2005.