

자기연마를 이용한 디버링 특성 분석

채종원*(건국대 대학원 기계설계학과), 고성림(건국대 기계설계학과),
Yuri M. Baron(St. Petersburg State Polytech University)

Analysis of Deburring Characteristics by Magnetic Abrasive Finishing Method

J.W. Chae(Mechanical. Eng. Dept. KKU), S. L. Ko(Mechanical Eng. Dept., KKU)
Yuri M. Baron(St. Petersburg State Polytech University)

ABSTRACT

Deburring is conducted using MAF(magnetic abrasive finishing) method. Magnetic inductor is designed and manufactured to generate proper magnetic induction for deburring the burr formed in drilling SM45C.

Rotational speed, table feed rate, grain size of powder and working gap are changed to investigate the effect on deburring.

Key Words : magnetic-abrasive finishing (MAF 자기 연마), burr(버), deburring(디버링), magnetic inductor (자기 유도자)

1. 서론

정밀 가공에 있어 밀링이나 드릴링 시 원치 않는 불규칙한 버발생은 가공물의 정밀도 및 성분에도 영향을 주기 때문에 많은 디버링 방법들에 관하여 연구가 진행되어 왔다.

자기연마법(Magnetic Abrasive Finishing)은 연마제의 연마 특성과 철의 자기화 성질을 이용하여 자기장내에서 자기력선의 응집현상을 이용하여 정밀가공에 적용하는 방법으로서 연구 되어 왔다. [1~4]

본 연구에서는 이 기술을 디버링에 적용하고자 한다. 드릴링 시 드릴의 출구 쪽에서는 변형에 의해 경도가 높은 버들이 만들어지게 된다. 또한, 버형성 위치가 수동으로 제거 하기 어려울 때는 더욱 어려움과 비용을 가중 시킨다. [5]

버로 인한 문제점을 해결하기 위하여 버 형상을 최소화 하거나 효율적으로 디버링이 이루어 져야 한다. 공구를 이용한 기계적인 디버링은 비교적 큰 가공력으로 인하여 제품의 정밀도에 영향을 주기 때문에 자칫 제품의 성능을 떨어뜨리기도 한다.

자기 유도자를 이용한 디버링은 자기장과 철분, 연마제를 이용하게 된다. 자기유도자에 의해서 형성된 자기장에 의하여 철 분말과 연마제를 섞어서 만든 분말이 정렬하게 된다. 자기장에 의한 정렬된 분말은 브러시의 역할을 하게 되고, 자기장의 힘

을 조절 할 수 있기 때문에 버에 작용하는 물리적인 힘이 조절 되는 효과를 얻을 수 있다. 그러므로 복잡한 형상의 버나 마이크로 단위의 미세한 버 제거에도 탁월한 효과를 발휘 할 것으로 기대한다.

2. 자기 유도자의 설계 및 실험 장치

자기 유도자(magnetic inductor)를 이용한 디버링 연구가 본 실험에서 이루어 졌다.

자기 유도자(1), 보호기(2), 전원 공급 슬라이더(3) 전원 공급 장치(4), 시편 고정장치(5) 등의 부분으로 이루어 진 장치가 Fig.1 에서 나타나 있다.

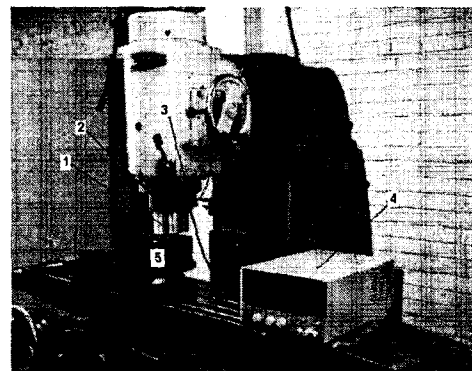


Fig 1. MAF device in virtual milling machine

자기유도자는 수직 밀링기의 주축에 연결되어 주축과 함께 회전 운동을 한다. 자기 유도자는 Fig.2 와 같이 바깥쪽과 안쪽의 자기유도자로 이루어져 있으며 드릴링 버가 형성 되어 있는 샘플(SM45C)과는 2mm 의 가공 간격을 유지한다. 자기유도자는 1.2A 의 전류 공급 시 바깥쪽과 안쪽에서 0.8T 와 1.2T 의 자기 유도 크기를 형성하도록 설계되었다. 제작 후 바깥쪽 자기는 0.98T 로 측정되었다. 측정기기는 Hall 센서를 사용하였다. 사용된 철 분말은 Fe(35%)과 NbC(65%)로써 50~200 μ m 의 4 종류의 입자 크기를 사용하였다.

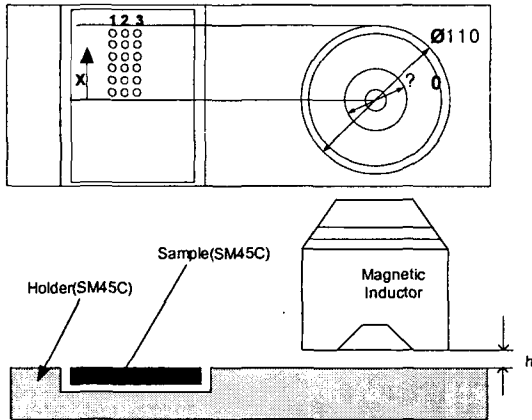


Fig2. Arrangement of magnetic inductor and sample in MAF experiment

Fig.2 에 나타난 시편에서 각 수직 열 #1,2,3 은 각각 큰 버, 중간 버, 작은 버 를 만들기 위해 다른 드릴링 가공 조건을 가하였다. 각 구멍의 직경은 \varnothing 3mm 이고, 구멍 사이의 간격은 9mm 이다. 유도자 이동 중심축으로부터 각 구멍 위치는 x 로 표시된다. 중심으로부터 거리가 25mm 이하에 해당하는 3 줄은 안쪽과 바깥쪽 자기 유도자의 영향을 동시에 받고, 위쪽 3 줄은 바깥쪽 유도자의 영향만을 받는다. 측정은 한 구멍 당 4 곳을 height gage 를 이용하여 측정하여 평균을 내었다.

각 수평열의 구멍은 회전하는 자기 유도자 아래서 테이블 이송속도 동안에 지나가는 지립과의 접촉시간에 비례하여 디버링 되어진다.

3. 회전속도에 따른 디버링 효과

SM45C 와 같은 자기화 될 수 있는 재료의 경우 rpm 이 높을수록 제거량이 높게 나왔다(Fig3). 하지만 rpm 은 지립이 원심력으로 인해 흩어지기 전까지만 증가 시킬 수 있다. 안쪽 3 줄과 바깥쪽 3 줄 의 디버링 효과가 크게 차이 나는 것은 안쪽의

3 줄은 안쪽과 바깥쪽 유도자 모두의 디버링 효과를 얻을 수 있는 반면 바깥쪽 3 줄은 바깥쪽 축의 효과만을 얻기 때문이다.

Fig.4 에서는 안쪽,바깥쪽 유도자의 영향을 받는 x=14mm 에 있는 2 번째 열의 구멍에서의 가공 전후 상태를 나타내고 있으며, 바깥쪽 유도자의 영향을 받고 있는 x=41mm 의 5 번째 열의 상태로 나타내고 있다. 레이저에 의한 측정 결과로부터 x=41mm 에 위치한 버는 버 제거 효과가 미약하나, x=14mm 에 위치한 버는 버 제거 효과가 나타남을 알 수 있다.

Table1. Conditions of MAF experiment

Material of samples	SM45C	Coil current	1.2A
Material of powder	Fe(35%)+NbC(65%)	Grain size of powder	100~150 μ m
Working gap	2mm	Table feed	130 mm/min
Volume of powder	12 cm ³	Table stroke	1 time

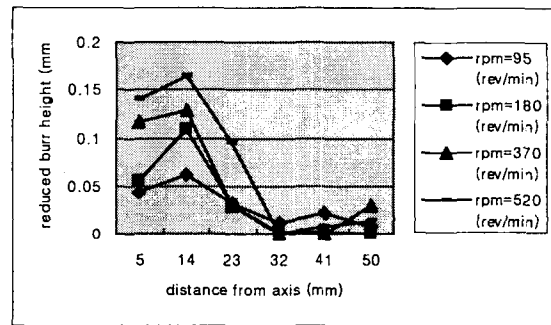


Fig3. Comparison of reduced burr height according to the change of rotational speed in SM45C

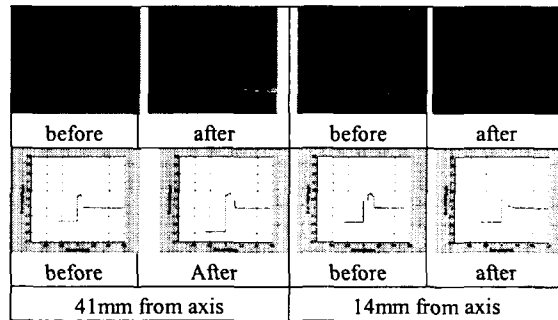


Fig4. Measurement for Burr geometry by Laser Sensor

4. 테이블 이송속도에 따른 디버링 효과

테이블의 이송속도는 정확하게 지립의 디버링 하는 시간과 반비례한다. 물론 모든 시편의 구멍에 같은 디버링 시간이 작용하는 것은 아니다. Fig2

Table2. Conditions of MAF experiment

Material of samples	SM45C	Coil current	1.2A
Material of powder	e(35%)+NbC(65%)	Grain size of powder	100~150 μm
Working gap	2mm	Rotational speed	280 rev/min
Volume of powder	12 cm ³	Table stroke	1 time

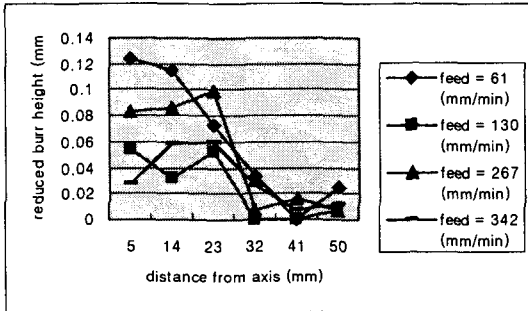


Fig5. Comparison of removed burr height according to the change of table feed rate in SM45C

에서 알 수 있듯이 자기 유도자의 안쪽 축에서 멀어질수록 그 시간은 줄어 들게 되어있다. Fig 5 에서 볼 수 있듯이 안쪽 축에서 23mm 되는 구멍이 버제거 효과가 뛰어난 것은, 안쪽 자기연마 유도자의 모서리에 자기장이 집중되면서 지립을 고정시키는 힘이 증가 했기 때문이다.

5. 지립 크기에 따른 디버링 효과

Table3. Conditions of MAF experiment

Material of samples	SM45C	Coil current	1.2A
Material of powder	Fe(35%)+NbC(65%)	Rotational speed	280 rev/min
Working gap	2mm	Table feed 130 mm/min	
Volume of powder	12 cm ³	Table stroke	1 time

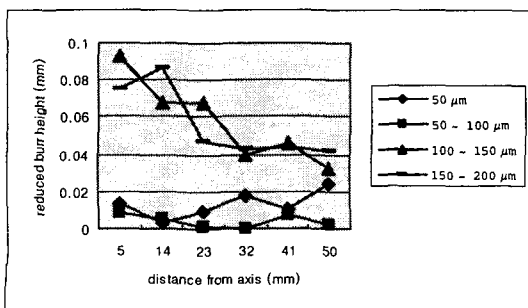


Fig6. Comparison of reduced burr height according to the change of size of powder

사용된 지립의 화학적 성질은 F-35% ,NbC-65%이고 크기는 50, 50~100, 100~150, 150~200 μm 네가지 종류의 지립이 사용되었다.

실험결과에서 100 μm 이하의 지립과 100~200 μm 의 지립 사이의 효과는 분명하게 차별화되는 경향이 있다. Fig6 으로부터 지립 분말이 100 μm 이하의 크기에서는 디버링시 절삭력이 미소하여 디버링 효과가 전혀 나타나지 않으나 100 μm 이상의 분말에서는 디버링 효과가 존재함을 알 수 있다. 이로써 효율적인 디버링을 위해서는 적정크기 이상의 분말입자를 사용해야 한다. 버의 높이가 100~200 μm 이라는 것과 연관이 있는 것으로 보인다. 지립의 크기 선정에서는 버의 높이 보다 같거나 커야 버 제거 효과가 큰 것으로 드러났다.

6. working gap 에 따른 디버링 효과

Table4. Conditions of MAF experiment

Material of samples	SM45C	Coil current	1.2A
Material of powder	e(35%)+NbC(65%)	Grain size of powder	100~150 μm
Rotational speed	280 rev/min	Table feed 130 mm/min	
Volume of powder	12 cm ³	Table stroke	1 time

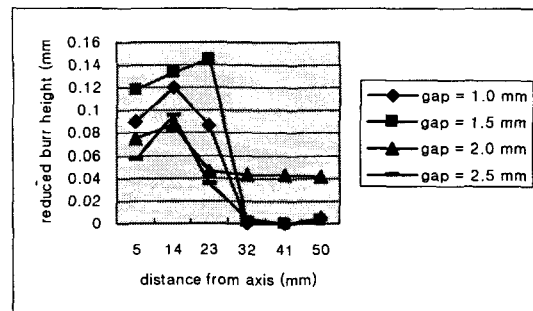


Fig7. Comparison of reduced burr height according to the change of working gap

사용된 지립이 크기는 150 ~ 200 μm 였고, 시편과 자기 유도자와의 거리는 1.0mm 에서 2.5mm 까지 실험되었다. 흥미로운 결과가 나왔는데, 작업거리가 2mm 일 때 안쪽 3 열의 디버링 효과가 더 높고, 바깥쪽 3 열에서도 디버링 효과가 있었다.

안쪽 3 열의 디버링 효과는 1.5mm 간극에서 최대가 되는데, 이것은 1.0mm 간극에서는 분말이 정렬하기에 너무 좁은 것을 나타낸다. 그러므로 이 간

격도 입자 크기와 유도자의 크기에 따라서 최적조건이 존재한다.

이는 자기연마 지립은 작업 간격이 지립의 8~10배 정도 일 때, 자기연마 유도자로 부터 나오는 자기력이 지립을 고정시키고 지립의 유동성을 극대화할수 있는 최적의 가공 조건이라는 것을 잘 나타낸다.

7. Magnetic brush effect

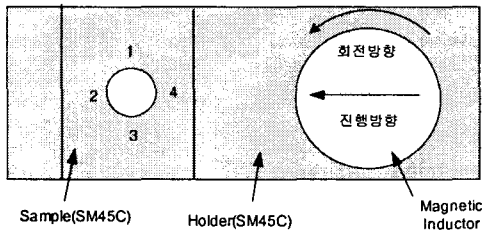


Fig8. View of Magnetic abrasive deburring

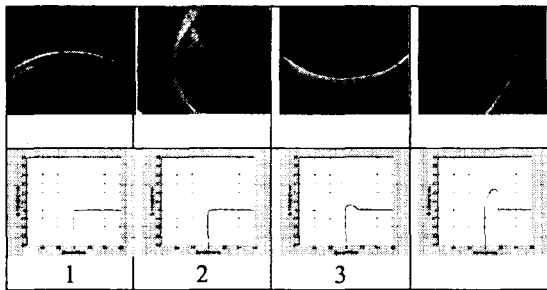


Fig9. Measurement for Burr geometry by Laser Sensor

Fig8로부터 가공시 유도자의 진행 경로에 가장 가까이 있는 구멍에서 측정 부위에 따라서 버 제거 조건이 달라지기 때문에 이에 대한 분석이 필요하다. 1번과 3번 모서리에서는 형성된 모서리에 수직방향으로 통과하지만 2번과 4번의 경우는 버 형성 모서리와 평행하게 브러쉬가 진행한다. 그 결과 1,3 번의 버는 매우 작으나 2번과 4번의 경우 버의 크기가 매우 큰 것을 알 수 있다. 2번에서의 버는 가공 중 버가 누운 상태이다.

8. 결론

MAF를 이용한 디버링 공정에서 자기장과 철분, 연마제를 이용한 본 실험에서는 자기장과 자기화될 수 있는 철분계 파우더와 연마제가 유연한 브러쉬의 역할을 하게 된다. 자기의 힘을 조절 할 수 있기에, 파우더와 연마제가 버에 작용하는 물리적인 힘을 조절함으로써 정

밀한 부품에의 디버링 가능하다.

1. 원심력으로 지립이 흩어지기 전까지, 인덕터의 회전 속도를 높일수록 버의 제거가 효과적이다.
2. 테이블의 이송속도에 반비례하여 버의 제거 효과가 나타난다.
3. 지립의 크기는 100 μ m 이상에서 디버링 효과가 존재하고, 버의 크기에 따라 적절한 선택이 요구 된다.
4. 작업거리가 2mm 일 때 안쪽과 바깥쪽 모두 비교적 고른 디버링 효과를 나타내었다.

후 기

본 연구는 과학기술부의 2001 국가지정 연구실 사업 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Baron Yu. M. Technology of abrasive finishing in magnetic field - Leningrad, Mashinostroenie, 1975.-128p.
2. Hitomi Yamaguchi. Takeo Shinmura. Study of an internal magnetic abrasive finishing using a pole rotation system .Discussion of the characteristic abrasive behavior
3. Baron Yu. M., Senchilo I.A.,Ivanov S. Yu. Application of magnetic finishing and magnetic-abrasive finishing for cutting tool life increase / Proc. Magnetic-abrasive finishing of parts. - Minsk: BelNIINTAI 1979. -p.21
4. Baron Yu. M. Magnetic-abrasive and magnetic finishing of parts and cutting tools.- Leningrad, Mashinostroenie, 1986. - 172p.
5. 이정구, 고성립, 고대철 ‘드릴 가공시 버 형성에 관한 연구’, 한국정밀공학회 논문집 제 18 권 제 10 호, 2001년 10월 pp200~207.