

# 마그네슘 박판의 전자부품 적용을 위한 마이크로 디버링에 관한 연구

이정인\* · 김태완\*\* · 곽재섭\*\* · 정영득\*\*

\*부경대학교 대학원, \*\*부경대학교 기계공학부

## A study on micro-deburring of thin magnesium plate for application of electronic products

Jung-In Lee\* · Tae-Wan Kim\*\* · Jae-Seob Kwak\*\* · Young-Deug Jung\*\*

Department of Mechanical Engineering, Pukyong National University

**Abstract** : Drill process is usually used to manufacture a industry about processing, Therefore, the burr problem is very significant, The burrs took place when drill process. And then, sometimes, the burrs are often caused of some problems during automatic such as no good quality products and having good surface roughness products.

And also, this paper had some experiments using magnesium. Specially, the magnesium is one of the non-ferromagnetic materials. Magnesium has attracted a lot of interest for using the industry. They offer a possible alternative to steel and aluminum in automotive and aero industries to satisfy the lightweight requirement. also, magnesium has good specific strength and absorbs vibration in occurring working process. So, it has good quality of product processing. And then, it is one of the lightest materials being used to electronic product's cases and automotive because of lightweight and miniaturization. But this material has not widely used all of the industry due to its natural property. If the magnesium is contacted water, it will cause the exploration. But, nowadays many of people study magnesium to safe their experiment and to widely use this industry.

**Key Words** : Deburring, AZ31 magnesium alloy, Design of experiment

### 1. 서 론

드릴링 가공은 일반적으로 산업전반에 널리 사용되고 있다 그 결과 가공 후의 발생되는 버 문제 또한 상당히 중요품을 얻을 수도 없게 된다. 그래서 버의 형성 특성과 발생된 버를 제거를 위한 방법 또한 중요시 되고 있다. 그리고 이 실험에서는 마그네슘 소하다고 할 수 있다. 일반적으로 버는 공작물에 드릴링 가공을 할 때 발생되며, 이 때 발생된 버를 제대로 제거하지 않으면 양질의 제품을 얻을 수 없다거나, 양호한 표면 거칠기를 가지는 재재를 사용하여 실험을 실시하였는데, 마그네슘은 비자성체 물질 중에 하나로 산업계에서 널리 사용되고 있다. 특히, 마그네슘 소재들은 자동차나 항공산업 분야에

서 알루미늄의 대체 소재로서 현재 널리 각광 받고 있다. 또한 마그네슘 소재는 경량성과 비강도, 치수 안정성, 기계가공성, 진동흡수성 등의 우수한 성질들로 인하여 전자기기의 케이스류와 기타 산업으로 점점 더 사용처를 넓혀가고 있다.<sup>1)-2)</sup>

본 논문에서는 AZ31 마그네슘 합금 판재재료의 드릴 홀(hole)에 발생하는 버의 제거에 자기연마를 이용하고 그 특성을 실험계획법을 이용하여 파악하였다.

### 2. 자기 연마

#### 2.1 자기연마 원리

자기연마법의 개략적인 가공 기구는 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1과 같이 Steel Pole에 코일을 감고 그 코일에 전류를 부가하면 패러데이의 법칙

\* 부경대학교 대학원

\*\* 부경대학교 기계공학부

(Faraday's law)에 의해 자기력이 발생하는 연마공구가 된다. 공구의 끝단과 공작물 사이에 간극을 주고 그 공간에 자성체와 연마입자를 용융하여 분쇄한 후 각각의 자성입자와 연마입자를 일정 비율로 혼합한 혼합형 입자를 슬러리 형태로 공급한다. 전자석에 전류가 부가된 연마공구는 자성입자를 구속하게 된다. 연마공구와 공작물사이의 자성입자는 사슬구조(Chain-like structure)로 정렬되며 자성입자의 정렬로 인하여 연마 입자는 자성입자들 사이에 위치한다. 이처럼 사슬구조로 형성된 입자들은 유연성을 가지는 브러쉬 역할을 수행한다.<sup>3)</sup>

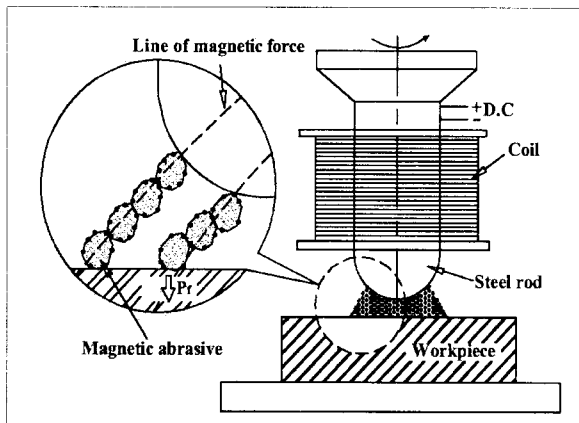


Fig. 1 Schematic of MAP

## 2.2 실험계획법

본 연구에서는 자기연마 공정에서 각각의 인자들이 어느 정도의 영향력을 가지는지를 평가하기 위하여 실험계획법을 이용하였다. 실험은 직교배열표를 구성하여 진행하였다. 실험에서 다루어야 할 많은 설계인자들을 큰 그물과 같은 형태로 만들어 주된 효과와 기술적으로 예상되는 인자들 간의 상호작용은 고려하고 그 이외의 상호작용들을 회생시켜, 실험회수를 적게 할 수 있도록 만들어 놓은 표가 직교배열표이다. 따라서 직교배열표를 이용하면 최소의 실험으로 실험결과에 관여하는 인자가 미치는 영향을 효과적으로 평가할 수 있게 된다. 직교배열표에서 모든 열은 서로 직교하기 때문에 임의의 두 열을 골라서 그 곱의 합을 구하면 영(Zero)이 되는 성질을 갖고 있다. 직교배열표의 이러한 성질때문에 기존의 방법들과는 달리 여러 가지 인자를 동시에 조절할 수 있으며, 각 인자들은 항상 직교하기 때문에 독립적으로 평가가 가능하게 해준다. 또한 직교배열표에서는 각 인자별 및 조건별 동일한 회수의 실험이 이루어지도록 하는 성질이 있다.<sup>4,5)</sup>

## 3. 실험의 구성

본 연구의 수행을 위하여 Fig. 2와 같이 0.6mm의 두께를 가진 AZ31 마그네슘 합금에 지름 2mm의 드릴 구멍을 생성하고 자기연마 장치를 이용하여 버를 제거하였다. 이때 비자성체인 마그네슘 합금의 자기연마 성능향상을 위하여 연구자석을 공작물 반대편에 설치하여 실험을 진행하였다.

실험의 결과 분석을 위하여 Fig. 3과 같이 홀의 일부영역(x, y축 각각 500 $\mu$ m)의 높이값(z값)을 내림차순으로 정렬하고 이 중 300개의 데이터 값의 평균을 자기연마 전 후의 값으로 나누어 구하였다. 그리고 그 값의 차이를 디버링에 의한 버의 제거율로 본 연구의 결과 값으로 활용하였다.

Table 1은 실험에 적용된 조건을 나타내고 있다. 자기연마에 사용된 공구의 직경은 20mm이며, 9m/min의 피드속도로 10분간 수행하였다. 연마입자는 100 $\mu$ m크기의 철 분말과 1~2 $\mu$ m 크기의 연마입자를 무게비로 단순혼합하여 미량의 오일을 첨가하여 각 실험마다 1.2g씩 투입하였다.

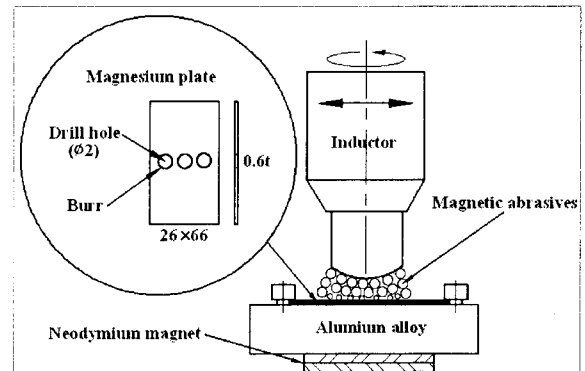


Fig. 2 Experimental method used in this experiments

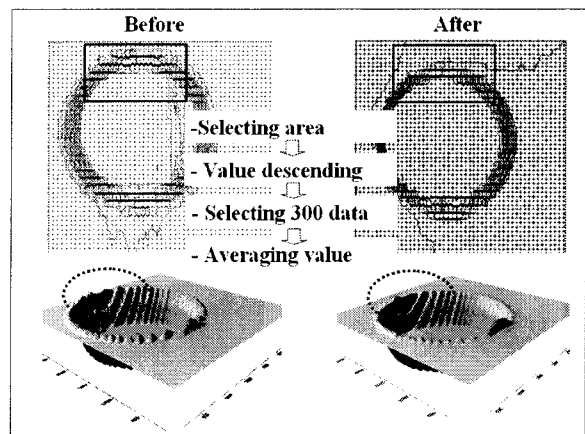


Fig. 3 Measuring method for removal rate of burr

**Table 1.** Experimental conditions

Items	Conditions
Workpiece	AZ31, 26×66mm, 0.6t
Hole size	φ2
Inductor	Ball end (φ20)
Permanent magnet	NdBF <sub>e</sub> magnet
Working time	10min
Magnetic abrasives	Fe powder + Boron nitride (A) Fe powder + Silicon nitride (B) Fe powder + Aluminum oxide (C)
Amount of abrasives	1.2g
Feed speed	9m/min

#### 4. 결과 및 분석

본 연구에서는 마그네슘 박판 가공 시 각각의 인자들이 어느 정도의 영향력을 가지는지를 평가하기 위하여 실험계획법을 이용하였다. 실험계획법을 위하여 직교배열표를 구성하여 실험을 진행하였다.

Table 2에서는 본 연구에서 선택한 인자와 그 수준을 나타내었다. μ-MIP장치에 사용되는 인덕터의 전기용량은 0~3A이다. 따라서 본 연구에서는 전류의 세기를 1, 1.5, 2A로 선정하였다. 한편 공구의 회전속도는 서보모터의 용량이 0~60Hz로 약 0~3700rpm까지 가능하므로 회전속도는 각각 1000rpm, 1200rpm, 1400rpm으로 선정하였다. 공작물과 공구 사이의 간격은 입자의 크기와 공급되는 입자의 량을 고려하여 각각 1.0mm, 1.5mm, 2.0mm로 선정하였으며, 파우더의 성질에 따른 가공 특성을 파악하기 위해 파우더는 각각 Boron nitride powder(A), Silicon nitride powder(B), Aluminum oxide powder(C)를 사용하여 가공을 실시하였다.

Table 3는 본 실험에 사용된  $L_9(3^4)$  표준직교배열표를 나타낸 것이다. 직교배열표에는 4개의 열에 주요인자 및 상호작용이 예상되는 인자들을 배치하였고, 실험의 실시회수는 9회로 하였다. 직교배열표에서 숫자 1, 2과 3은 각 인자들의 수준을 의미한다. 본 연구의 실험은 Table 3에서 나타낸 직교배열표에 따라서 실시하였고 버 높이의 제거량은 그 값들이 클수록 좋으므로 S/N비의 계산식은 망목특성을 이용하여 계산하였다. 실험에서 얻어진 가공 전·후의 버(Burr) 높이의 측정값과 제거 된 량과 이로부터 계산된 S/N비는 Table 4와 같다.

Fig. 4와 5는 자기연마를 이용하여 디버링 작업을 하기 전과 후의 버의 형상을 나타내고 있다. 그 결

과 버의 높이가 높고 거친 부위부터 점차적으로 버가 제거되고 있음을 보여주고 있다.

그리고 구해진 S/N비의 결과를 각 인자별로 그 특성을 파악한 결과를 Fig. 6과 같이 나타낼 수 있다. 여기서 버의 제거에 자기연마 입자의 종류에 대한 영향은 매우 적었으며, 공구의 회전수, 공구와 공작물 사이의 간극 그리고 전류의 세기 순서로 버의 제거율에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

또한 회전속도가 1200rpm, 입자의 종류가 Boron nitride, 전류의 세기가 1A 그리고 간극이 2mm일때 가장 좋은 버 제거율을 얻을 수 있음을 예측 할 수 있다. 이는 비자성 재료인 마그네슘 합금에서의 자기연마 성능향상을 위해 설치한 영구자석으로 인해 충분한 자기력(수직력)이 발생하여 높은 회전력(접선력)이 요구되기 때문으로 분석된다. 또한 최적의 간극이 2mm인 이유는 1.2g의 입자량에 적절한 간극은 2mm정도로 분석할 수 있다.

Table 5는 각 인자에 대한 분산분석을 실시한 결과이다. 여기서 SS는 각 인자별 S/N비의 제곱합을, DOF는 각 인자별 자유도(Degree of freedom)를, V는 제곱평균을, F0는 제곱평균비를 나타낸다. 분산분석 및 F-검증을 통하여 버 제거량의 기여정도는 A,C,D 인자가 90%의 유의수준을 만족함을 알 수 있다. 여기서 F검증( $\alpha=0.1$ 일때)는 9.0 이고 F검증( $\alpha = 0.05$  일때)는 19.0 이다.

**Table 2.** Factors and levels used in experiment

Factor	Level		
	1	2	3
Rotational speed, A (rpm)	1000	1200	1400
Abrasive type, B (g)	A	B	C
Current, C (A)	1	1.5	2.0
Working gap, D (mm)	1	1.5	2.0

**Table 3.** Analysis of variance for MVC

No.	Factor			
	A	B	C	D
1	1000	A	1.5	1.0
2	1000	B	2	1.5
3	1000	C	2.5	2.0
4	1200	A	2	2.0
5	1200	B	2.5	1.0
6	1200	C	1.5	1.5
7	1400	A	2.5	1.5
8	1400	B	1.5	2.0
9	1400	C	2	1.0

Table 4. Analysis of variance for MVC

Before	After	Removal rate	SN ratio
135.365	84.74535	50.61965	34.0864
118.7482	101.6214	17.1268	24.6735
142.8836	70.68168	72.20192	37.171
142.5866	86.63459	55.95201	34.9563
128.178	105.6181	22.5599	27.0667
140.7378	85.80493	54.93287	34.7966
110.2941	96.51993	13.77417	22.7813
125.7912	84.97005	40.82115	32.2177
101.3343	96.72483	4.60947	13.273

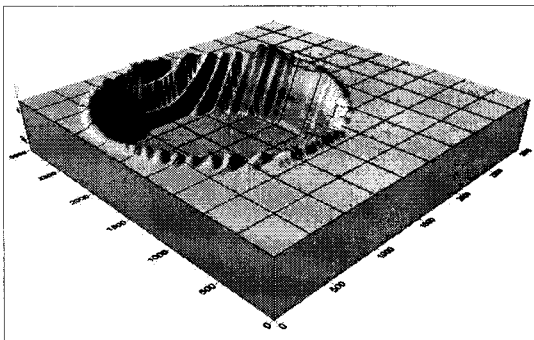


Fig. 4 Shape of burr before deburring using MAP

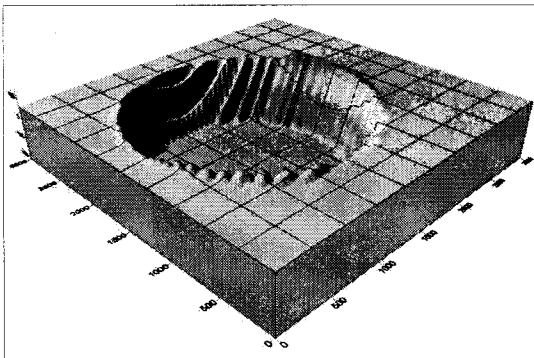


Fig. 5 Shape of burr after deburring using MAP

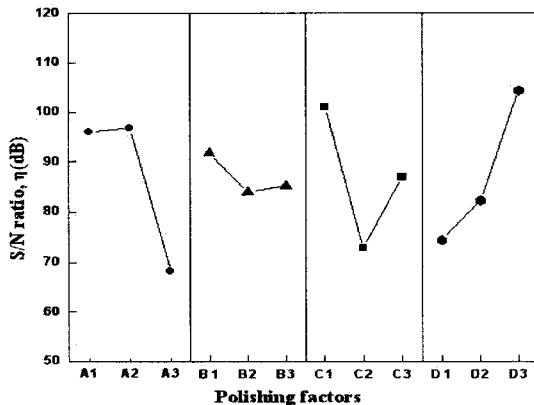


Fig. 6 Influence of S/N ratio on removal rate of burr

Table 5. Analysis of variance for each factor

	SS	DOF	V	Fo
A	175.64	2	87.820	14.792
B	11.873	2	5.9366	
C	132.52	2	66.260	11.161
D	160.49	2	80.249	13.517
Total	320.03	8		

## 5. 결론

본 연구에서 AZ31 마그네슘 합금의 자기연마실 힘을 수행하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. AZ31 마그네슘 합금의 자기연마를 이용한 디버링 작업 결과 버가 높고 거친 부위부터 효과적으로 제거되고 있음을 알 수 있었다.
2. 공구와 공작물 사이의 간극 그리고 전류의 세기 순서로 버의 제거율에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.
3. 회전속도가 1200rpm, 입자의 종류가 Boron nitride, 전류의 세기가 1A 그리고 간극이 2mm 일때 가장 좋은 버 제거율을 얻을 수 있음을 예측 할 수 있었다.

## 참고문헌

- 1) J. Buha, Mechanical properties of naturally aged Mg-Zn-Cu-Mn alloy, National Institute for Materials Science, 1-2-1 Sengen, Tsukuba, Japan
- 2) K. Y. Sohn, The Effect of Heat Treatment and Extruded Mg-Al-Zn Alloy, Material Science Forum, Vol.419-422, pp.135-140, 2003.
- 3) Park, W. G., Roh, T. W., Seo, Y. I. Choi, H., Lee, J. C., Jung, S. H. and Chae, S., The Internal Finishing Characteristics of Non-ferromagnetic Pipe Polished by Magnetic Abrasive Machining (II), Journal of the Korean Society of Precision Engineering, pp.960-963, 2001.
- 4) L. Z. Chi, Development of Prediction Model and Process Parameter Optimization for Surface Grinding using Design of Experiment, Pukyong National University, 2005.
- 5) T. R. Lin, The use of reliability in the Taguchi method for the optimization of the polishing ceramic gauge block, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.22, No. 3-4, pp.237-242, 2003.