

## 미소구멍 가공시 버형성 특성 분석 및 DB 구축

박대흠\*(건국대학교 기계설계학과), 고성림(건국대학교 기계설계학과)

### Characterization of Burr Formation and DB Construction in Micro Drilling

D.H.Park (M.D.P.E.Dept.KKU Graduate School), S.L.Ko (M.D.P.E.Dept.KKU)

#### ABSTRACT

Burrs formed in micro drilling with  $\varnothing$  1.0 and 0.5 are observed. The changes of burr geometry are compared when feed rate and velocity changes. Characteristics of burr formation in 4 different workpiece materials are analyzed. The coefficient of burr geometry, CB is introduced to classify burrs according to burr height and burr types. Finally control charts are produced using the coefficient of burr geometry and burr types in each workpiece material. Data base is constructed to be used for burr expert system.

**Key Words** : Burr (버), Micro drill(미소드릴), Coefficient of Burr geometry (버형상 지수), Control chart (버형성 분류표), Burr Expert System(버 전문가 시스템)

#### 1. 서론

부품의 소형화, 정밀화로 미소구멍 가공의 필요성이 증가하였다. 구멍 가공시 필연적으로 버는 발생하며 이때 발생하는 버와 디버링에 대한 연구는 부품의 정밀화에 있어 매우 중요하다. 버에 대한 기존의 연구로 버의 형성에 대한 메커니즘 규명과 디버링 기술에 대한 연구가 진행되었고<sup>3</sup> 버의 최소화를 위한 드릴형상 개발 연구로서 드릴 선단부에 Step 을 주어 구멍 가공시 버가 최소화 되도록 하는 연구가 진행되었으며<sup>1,2</sup> 미소구멍의 드릴링에서 버형성에 대한 연구와<sup>4</sup> 굽힘에 대한 연구가 진행되었다.<sup>5</sup> 미소구멍 가공에 의해 발생한 버는 그 크기의 미세화로 인해 디버링의 어려움이 따르고 부품의 정밀성을 높이기 위해 디버링시 버의 형태에 따라 다양한 방법이 제시 되어야 한다.

드릴링에 의해 형성된 버는 드릴 형상, 가공조건 그리고 피삭재에 따라 그 특성이 결정된다. 본 연구에서는  $\varnothing$ 1mm,  $\varnothing$  0.5mm carbide 드릴을 이용하여 피삭재별, 가공조건별로 구멍가공시 나타나는 버의 특성을 파악하여 버형성 분류표(Control Chart)를 작성하였다. 버형성 분류를 위하여 버형성 mechanism 에 따라 버가 없는 형태인 Type A, 레이저를 이용해 측정가능한 Type B, 파열형의 버가 형성되는 Type C 로 버를 분류하였다. 버의 디버링을

위해 Type B 형상이 되도록 공구형상과 절삭조건을 선정하는 것은 중요하며 디버링시 구체화된 방법을 제시하기 위해 Type B 를 더욱 세분화하였다. 이를 위해 버의 높이에 따라서 무차원 변수인 버형상계수(CB=H/D)를 도입하여 버형성 분류표(Control chart)를 제작하였고 버를 최소화하고 효과적인 디버링을 위한 Burr Expert System 구축을 위해 이를 Data Base 화 하였다.

#### 2. 미소 드릴링시 버형성 실험

##### 2.1 실험조건

본 실험은 머시닝센터(Hyundai SPT18S)에 고속가공기를 장착하여 실시하였으며 사용된 드릴은 Table 1 에 나타내었다. 초경드릴  $\varnothing$ 1 로 Al6061, Copper, Stainless Steel, SM45C 를 절삭속도와 이송속도를 각각 5 단계씩 증가하여 가공하였고  $\varnothing$ 0.5 로 Copper, Stainless Steel, SM45C 를 절삭속도를 3 단계씩 증가하고 이송속도를 5 단계씩 증가하여 가공하였다. 절삭유는 사용하지 않았으며 절삭깊이를 일정하게 유지하였다.

Table 1 Specifications of Drill Geometry

Grade	Drill	
	Carbide	Carbide
Material	Carbide	Carbide
Diameter	Ø 1	Ø 0.5
Point angle	124°	130°
Web size	25.4%	25.8%
Helix angle	30°	30°
Flute length	6.8mm	3.4mm

2.2 실험결과

2.2.1 Ø1.0 Carbide drill

버의 측정은 버가 측정 가능한 곳만 비접촉식 레이저를 이용해 측정하였다. Al6061 에서는 Type B,C 가 섞여서 형성이 되었다. Point angle 이 124° 로 다소 작기 때문에 Type C 형태의 버가 많이 발생하였다. 버를 Type B 형태로 유도하기 위해서는 Point angle 값을 높여 주어야 한다.

Velocity, Feed rate 이 증가해도 버의 높이는 대체적으로 일정하다. 버의 폭은 Velocity 와 Feed rate 에 대해 어떤 경향을 발견할 수는 없으나 전체적으로 40 µm -80 µm 사이의 값을 지닌다.

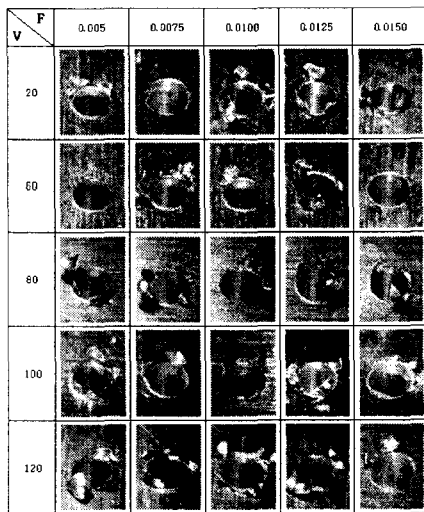


Fig. 1 Burr formations by Ø1 Carbide drill in Al6061

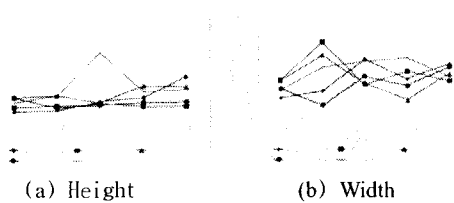


Fig. 2 Burr formations by Ø 1 carbide drill in Al6061

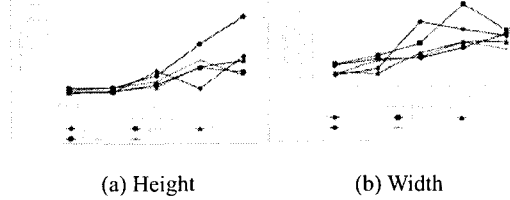


Fig. 3 Burr formations by Ø 1 carbide drill in Copper

Copper 에서는 Feed rate 이 0.004 ~ 0.012 까지는 Type B 형태의 버가 발생하고 0.0016 이후에 Type B, C 가 섞여서 발생하는 경향을 보인다. Feed rate 이 증가하면 버높이는 증가하는 경향을 보인다. 버의 폭은 Feed rate 의 증가에 따라 증가하지만 Velocity 증가에 따른 변화는 적게 나타난다

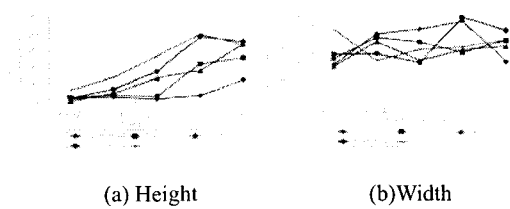


Fig. 4 Burr formations by Ø1 carbide drill in SM45C

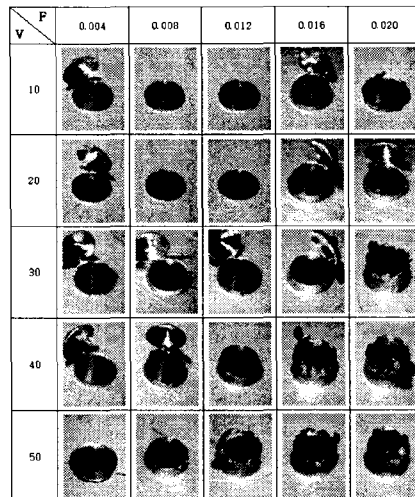


Fig. 5 Burr formations by Ø1 carbide drill in Stainless Steel

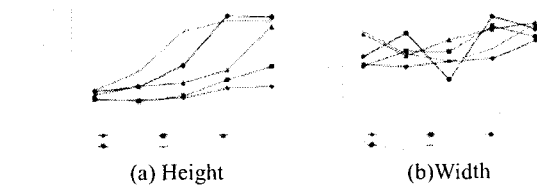


Fig. 6 Burr formations by Ø1 carbide drill in Stainless Steel

SM45C에서는 전체가 Type B로 분류가 가능하지만 버의 높이가 상당히 크게 측정된다. Feed rate, Velocity의 증가에 따라 버의 높이는 선형적으로 증가한다. 폭은 Feed rate, Velocity의 변화에 비교적 둔감하게 나타난다. 폭이 대체적으로 40 μm ~ 80 μm 사이의 값을 지닌다.

Stainless Steel에서는 Velocity, Feed rate 증가에 따라 버의 높이는 비례적 증가추세를 보인다. Feed rate 과 Velocity가 증가하면 Stainless Steel의 열에 대한 특성으로 인해 매우 큰 버가 형성된다. 버의 폭은 Velocity, Feed rate의 증가에 따라 특별한 경향을 나타내지 않으나 버가 주로 40 μm~ 80 μm 사이의 값을 지닌다.

### 2.2.2 Ø0.5 Carbide drill

Ø0.5 Carbide drill을 이용하여 Stainless Steel, Copper, SM45C을 전체적으로 Type B의 버가 형성되는 조건에서 가공하였다. Copper와 SM45C에서 10μm 이하의 버가 발생하는 것을 확인할 수 있다. Stainless Steel은 Feed rate, Velocity의 증가에 따라 버 높이가 증가하지만 폭은 비교적 가공조건의 변화에 둔감하게 나타난다. Copper는 Feed rate 0.005, Velocity 30 이상의 조건에서는 파손이 일어난다.

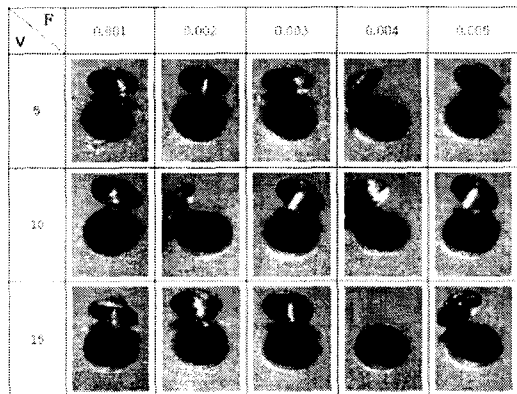


Fig. 7 Burr formations by Ø0.5 carbide drill in Stainless Steel

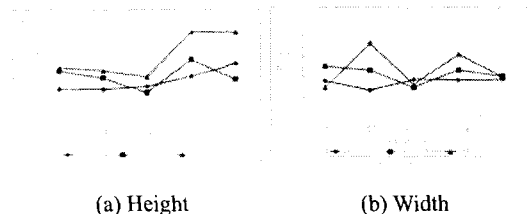


Fig. 8 Burr formations by Ø0.5 carbide drill in Stainless Steel

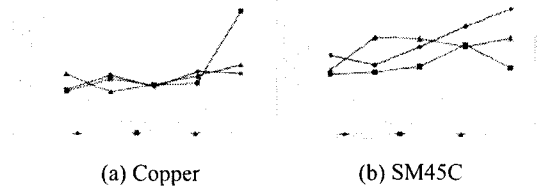


Fig. 9 Burr height by Ø0.5 carbide drill in Copper and SM45C

## 3. 버형성 분류표 작성

### 3.1 버형상 지수

드릴링시 버형성 최소화를 위하여 Type B 형태의 버를 형성하여야 한다. Type B 버를 크기에 따라 세분화하여 향후 적정 디버링을 위한 방법선택에 사용할 것이다. Type B의 세분화를 위해 구멍 크기에 무관한 무차원 변수로서 버형상지수(CB)를 다음과 같이 도입하였다.

$$CB = \frac{H}{D} \quad (1)$$

여기서 H는 버의 높이를, D는 구멍 직경을 나타낸다.

Table. 2 Coefficient of burr geometry

Type A	burrless	—
Type B	CB05 < 0.05	○
	0.05 < CB10 < 0.1	⊙
	0.1 < CB20 < 0.2	⦿
	CB30 > 0.2	●
Type C	fractured burr	◆

### 3.2 버형성 분류표

버형상 지수는 Table. 2에 표시된 바와 같이 버의 높이와 직경의 비에 따라서 CB05, CB10, CB20, CB30으로 세분화한다. 각 피삭재에 따라서 Ø1 드릴링시 발생된 버형상으로부터 버형상 지수분류법에 따라 Type B를 세분화함으로써 버형성 분류표를 작성하였다. A16061의 비높이는 작으나(Fig. 2(a)) 드릴 선단부 형상의 영향으로 과열형 버가 형성됨

으로 버형성 분류표가 Fig.10(a)와 같이 작성 되었다. Copper 의 경우는 Fig. 3(a)에 나타난 버의 높이로부터 버형성 분류표가 Fig. 10(b)와 같이 작성되었다. SM45C 의 경우도 마찬가지로 Fig. 10(c)와 같이 버형성 분류표가 작성되었다. Stainless Steel 의 버높이(Fig. 6(a))와 Fig. 5 의 버 형상으로부터 Fig. 10(d)와 같이 버형성 분류표로 나타내었다. 작성된 버형성 분류표를 이용하여 향후 적정 디버링 방법을 제시할 수 있다.

예를 들어 CB10 은 전자기를 이용한 디버링 방법을 이용할 수 있고 CB20 은 강력 브러쉬 디버링 방법이 사용될 수 있다. 이와 같이 버형성 분류표는 버형성 DB 에 저장되어서 향후 디버링 전문가 시스템의 자료로 사용될 수 있다.

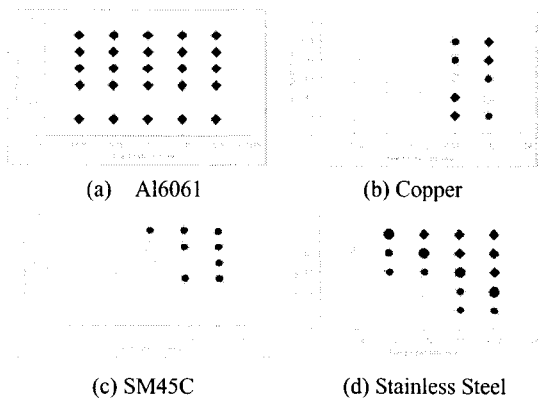


Fig. 10 Control chart of burr formations in Ø1 drill

#### 4. Data Base 작성

드릴의 형상, 가공 조건, 피삭재의 정보, 드릴링 후의 버 높이와 폭, 버형성 지수를 이용하여 작성한 버형성 분류표를 Data base 화 하였다. Data base 화 된 정보는 Burr Expert System 의 DB 로 사용된다.

#### 5. 결론

- (1) Ø1, Ø0.5 Carbide drill 을 이용하여 Al6061, Copper, Stainless Steel, SM45C 를 드릴링하고 버의 형상을 분석하여 버형상 사진을 작성하고 분석하였다.
- (2) Type B 형태의 버를 세분화하기 위해 무차원 변수인 버형상지수(CB)를 이용하여 버형성 분류표를 작성하였다. 이를 근거로 적절한 디버링 방법을 제시할 수 있다.

- (3) 버의 발생과 최소화, 이를 위한 최적의 절삭조건 선정, 효과적인 디버링을 위한 Burr Expert System 구축을 위해 실험자료를 Data Base 화 하였다.

#### 후 기

본 연구는 과학기술부의 2001 국가지정 연구실(NRL) 지정 사업으로 수행 되었습.

#### 참고문헌

1. Sung-Lim Ko, Jin-Ho Kin, "Minimization of burr formation in Drilling with step drill" , Journal of the Korea Society of Precision Engineering , Vol. 17 , No. 10, pp. 132 – 140, 2000
2. Sung-Lim Ko, Jing-Koo Lee, "Analysis on Burr Formation in Drilling with New Concept Drill" , J. of Materials Processing Technology, Vol.113, pp 392-398, 2001
3. Jing-Koo Lee , "Analysis on Burr Formation Mechanism and advanced Deburring Technology in drilling" pp. 8-10, 44-50
4. Julie M. Stein, David A. Dornfeld(1), "Burr formation Drilling at miniature Holes" pp.63-66, 1977
5. Hiranaka, M.et al. "Studies on Bend at Small Hole Drilling of printed wiring Board", JJSPE, pp.59, 119-123, 1993