

# 교차구멍에 발생한 버의 제거를 위한 디버링 공구 개발

\*이경욱<sup>1</sup>, 고성립<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 건국대학교 대학원 기계설계학과, <sup>2</sup> 건국대학교 기계설계학과

## Developing of deburring tool for the burr at the intersecting holes

\*K. U. Lee<sup>1</sup>, S. L. Ko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Mech. Eng., Konkuk Univ., <sup>2</sup> Div. of Mech. Eng. Konkuk Univ.

Key words :Burr(버), Deburring(디버링), Deburring tool(디버링 툴), inclined exit surface(경사진 출구면), intersecting hole(교차구멍)

### 1. 서론

버(Burr)는 절삭가공시 소성변형에 의해서 생기는 불필요한 부분으로서 제품의 수명을 단축시키고 작업자에게 상해를 입힐 수 있다. 따라서 버는 반드시 제거되어야 하며 추가적인 디버링 공정과 모서리 마무리는 제품의 원가에도 많은 영향을 미치므로 자동화를 유도하면 원가절감에 큰 효과를 볼 수 있다.

엔진블록이나 유압부품과 같이 드릴링 공정을 이용한 제작에는 드릴링 공정이 교차되어 일어나는 교차구멍이 많이 생긴다. 이렇게 발생한 교차구멍 내부에는 필연적으로 버가 발생하게 되는데 이곳에 발생하는 버는 접근하기 힘들고 제거하기도 어려울 뿐만 아니라 제품의 수명과 성능에도 좋지 않은 영향을 미친다. 따라서 반드시 제거되어야 하지만 제거 공정이 자동화되어 있지 않아 상당한 인력이 필요로 되고, 많은 시간이 걸리는게 현실이다.

이전 실험에서는 실제적인 교차구멍에서 발생한 버의 제거를 위한 기초실험으로서 상용화된 디버링 툴을 이용하여 경사진 출구면에서의 디버링 성능에 대해 고찰해 보았다. 상용화된 디버링 툴은 경사진 출구면의 버를 효과적으로 제거하지 못하고 새로운 디버링 툴의 발전방향을 제시했다.

이번 실험에서는 기존 실험했던 Burr-off tool과 독일에서 개발한 Beier tool을 가지고 실제 교차구멍에서의 성능실험을 해보고 새로운 디버링 툴의 발전방향 및 디자인에 대한 요소를 고찰해 보았다.

### 2. 교차구멍에서의 디버링 실험

#### 2.1 디버링 툴 형상 및 실험 조건

실험에 사용된 디버링 툴은 Fig.1과 같은 Burr-off tool과 Beier tool 두 가지 종류이다. Burr-off tool은 별도의 장치 없이 머시닝 센터에 장착하여 디버링이 가능하지만 Beier tool은 tip의 작동방식이 유압 혹은 공압으로 작용하는 것으로서 외부 coolant 장치나 air pressure 장치를 장착해야 사용가능하다. 본 실험에서 Burr-off tool은 머시닝 센터에서, Beier tool은 CNC 선반에서 공압을 이용하여 디버링을 실시하였다.

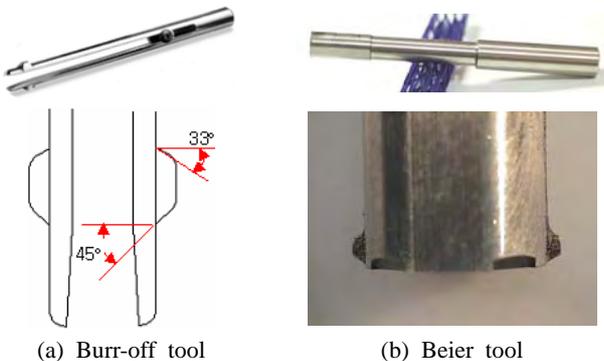


Fig.1 Configuration of Deburring tools

Burr-off tool을 이용한 실험에서는 최초 사각시편을  $\phi 14$  ball endmill로 반원형 main hole을 만들고  $\phi 3, \phi 3.5, \phi 4, \phi 8, \phi 9$  등의 교차구멍을 만들어 각각의 교차구멍에 Burr-off tool(CP-7,

CP-20)을 이용하여 디버링을 실시하였다. 또한 구멍의 중심에서 벗어난 교차구멍을 만들어 같은 디버링 공구로서 디버링 결과를 비교하였다.

Beier tool을 이용한 실험에서는 최초  $\phi 20 \times 30$ mm의 시편에 CNC 선반을 이용하여  $\phi 9$  main hole을 만들고 머시닝 센터에서  $\phi 1 \sim \phi 6$ 의 교차구멍을 만들어 다시 CNC 선반에서 Beier tool로 main hole을 디버링을 실시하였다.

Table 1 Deburring conditions

Deburring tool	deburring section	Drilling hole size	Material	Condition	
				RPM	Feedrate (mm/min)
Burr-off tool	crossing hole	$\phi 3, 3.5, 4, 8, 9$	AL6061	600, 1200(cp-20)	30~120
				1200, 2000(cp-7)	50~200
Beier tool	main hole	$\phi 1 \sim 6$		1000	120

#### 2.2 실험결과

Burr-off tool cp-7(생크직경 2.75mm)을 이용한  $\phi 3, 3.5, 4$  구멍의 경우에서  $\phi 3$ 의 경우 가장 양호한 디버링이 이루어지고 버가 모두 제거 되었으나 교차구멍의 크기가 커질수록 디버링이 잘 되지 않고 버를 밀어내는 현상을 보였다. 또한  $\phi 3$  구멍에서 디버링시 모든 조건에서 디버링이 잘 되었지만 2000rpm보다는 1200rpm에서, 30mm/min 보다는 120mm/min에서 더욱더 작은 챔퍼면이 발생되었다.

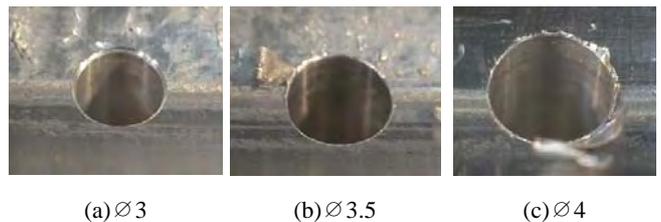


Fig.2 Deburring result according to hole diameter(CP-7, AL6061, 1200rpm, 150mm/min)

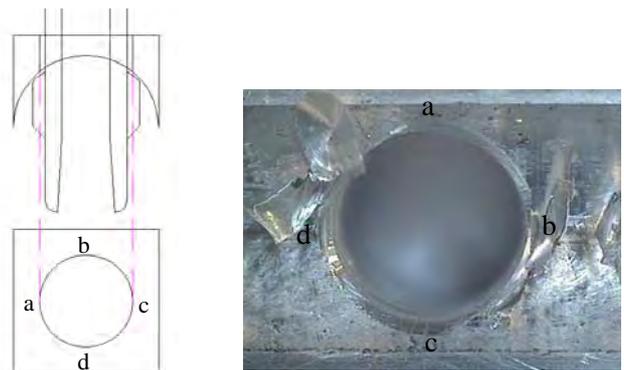


Fig.3 Schematic Illustration of deburring process

Burr-off tool CP-20(생크직경 7.92mm)을 이용한 실험에서는  $\phi 9$ 보다는  $\phi 8$ 의 교차구멍에서 디버링이 더 잘 되었다. 하지만  $\phi 8$ 과  $\phi 9$  둘 다 디버링이 되지 않는 구간이 발생되었다.(fig.3에서 ad, bc구간) 또한 Burr-off tool의 날이 상하단 모두 있기 때문에 하강시 디버링, 상승시 디버링 실험을 한 결과 두 시편 모두 ab, cd는 디버링이 되었지만 ad, bd구간은 디버링이 되지 않았다.

Beier tool을 이용한 디버링 실험에서는 tool 자체가 정회전, 역회전을 모두 사용하고 톨 팁의 특성상 전구간에서 디버링 상태가 양호했다. 또한 디버링 전 면조도가 평균  $Ra=0.62$ 에서 디버링 후 면조도가 평균  $Ra=0.57$ 으로, 디버링 전  $Ra=2.4$ 는 디버링 후  $Ra=1.62$ 로 좋아지거나 비슷한 조도를 유지하는 것을 볼 수 있었다. 하지만 추천압력치보다 조금만 높아져도 챔퍼면의 면조도가 크게 불량했고, 교차구멍의 크기가 작을수록 더 세밀한 디버링을 하지 못하여 오히려 구멍 안쪽으로 생기는 밀림버가 생기는 것이 관찰되었다.

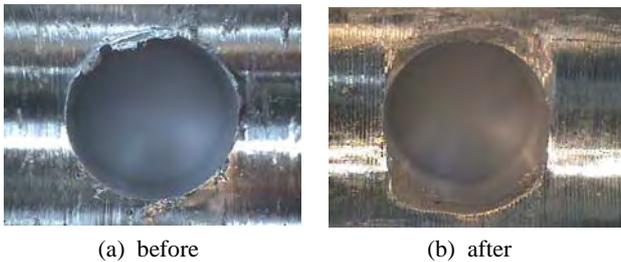


Fig.4 burr formation after deburring( $\phi 6$ , 1000rpm, 120mm/min, 0.4Mpa)

### 3. 결과 분석 및 디버링 공구개발

교차구멍에서 버는 밀림과 이송에 의해서 Fig.3 (b)에서 ad, bc구간에서 가장 크게 발생한다. 지난번 실험에서와 같이 경사진 출구면에서 디버링은 ab구간에 발생한다. 교차구멍은 두 개의 경사면이 서로 마주하고 있는 형태면서 구멍 주위에 따라 높이가 변하기 때문에 버는 ad와 bc구간에 집중하여 발생한다. 하지만 Burr-off tool은 정회전만을 하기 때문에 버가 크게 발생하지 않는 ab, cd구간을 큰 챔퍼면을 만들며 디버링 하게 된다. 또한 burr-off tool의 상승, 하강 실험에서 둘 다 디버링이 되었다는 것은 양날툴을 만들어 하강시에는 정회전, 상승시에는 역회전을 해서 한 번의 공정으로 디버링 할 수 있음을 보여준다.

여기에서 착안할 점이 정회전을 할때보다 역회전을 할 때 좀 더 강한 디버링이 필요하다는 것이다. Beier tool 또한 이 점을 고려하여 양날을 모두 쓰는 장역회전 가능한 톨로 만들어 졌지만 좌우 날의 모양이 동일하여 가장 효율적인 디버링을 이루어내지는 못하고 있다. 이 점은 실제 가공시에 톨이 들어갈때와 나올때의 압력을 달리해서 조절할 수 있다.

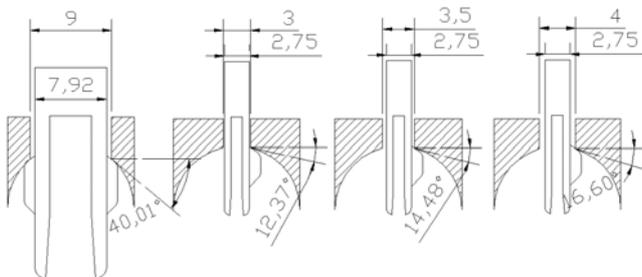


Fig.5 deburring Illustration of deburring by burr-off tool

또한 디버링 톨 개발에 중요한 점이 디버링 톨 size이다. burr-off tool 실험에서  $\phi 3$ , 3.5, 4 실험과  $\phi 8$ , 9실험의 결과를 비교해보면 구멍의 직경과 디버링 톨의 직경이 거의 일치해야 보다 나은 디버링을 할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 또한  $\phi 9$  디버링 실험에서 디버링이 이루어지지 않은 것은 디버링 톨이 구멍에 들어가서 디버링 하는 동안 톨팁과 소재의 접촉각 크기를 간과할 수 없다. Fig.5를 보면  $\phi 3$ , 3.5, 4인 경우는 각각 12.37°, 14.48°, 16.6°이지만  $\phi 9$ 인 경우 40°나 되는 것을 알 수 있다. 이것은 지난 실험에서

분석한 결과를 보면 알 수 있는데, burr-off tool의 상향 톨팁의 경사각이 33°인 것을 보면 40°보다 크므로 버 발생지역인 홀의 가장자리가 아닌 main hole 내부를 먼저 절삭하기 시작한다. 따라서 훨씬 더 큰 챔퍼면이 생기고 디버링이 이루어지지 않는 것이다.

Fig.6 (a)에서 보듯이 3~5, 7~1방향(ad, bc)에 가장 큰 버를 볼 수 있다. 이송속도와 회전속도에 변화를 준 결과 (b), (c)에서는 회전속도나 이송속도와는 큰 관계없이 디버링이 된 결과를 보여 주고 있다. 따라서 이송속도와 회전속도는 디버링과 큰 관계가 없지만 면 내부 조도와 챔퍼면의 크기에 큰 기여를 한다고 할 수 있다. 따라서 절삭조건보다는 톨의 형상에 훨씬 큰 비중이 있다 하겠다.

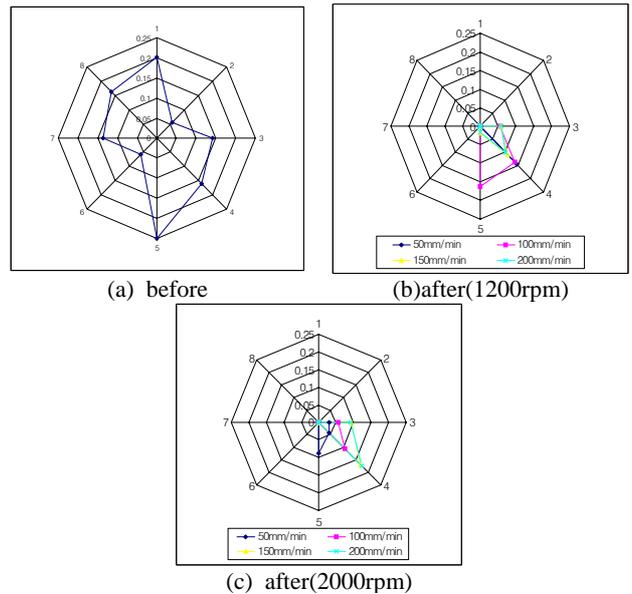


Fig.6 Burr height comparison with before and after deburring according to cutting condition( $\phi 3.5$  drilling hole, CP-7,

### 4. 결론

교차구멍에서의 효율적인 디버링을 하기위해 디버링 톨을 개발하는데 있어서 가장 큰 요소는 역회전 가능한 날을 보유해야 한다는 것이다. 구멍의 크기와 거의 일치하는 직경을 지녀야 하며, 내부 조도 향상을 위한 톨팁의 끝부분 디자인이 매우 중요하다. 그리고 디버링 톨의 팁의 높이가 높으면 내부 조도도 좋지 않으며 챔퍼면이 너무 커져 디버링의 의미가 없어지게 된다.

또한 효율적인 디버링을 위해서는 역회전시 정회전보다 절삭력을 높게 줘야한다는 것이다. 그 방법으로는 Beier tool처럼 톨 팁의 절삭력을 조절하여 들어갈 때와 나올 때의 압력을 조절하는 방법도 있고, 양날 톨의 크기를 달리하여 절삭력을 조절하는 방법도 있을 수 있다. 실제 가공시에는 디버링 시간을 단축시키기 위해서는 하강시 정회전, 상승시 역회전 공정을 거치면 실제 가공시간을 줄일 수 있겠다.

### 후기

이 논문은 2006 중소기업청 산학연 컨소시엄 지원에 의한 논문임

### 참고문헌

1. Gillespie, L.K., "Deburring Precision Miniature Parts," Precision Engineering, Vol.1, No.4, pp.189-198, 1979
2. Sung-Lim Ko and Jae-Eun Chang, "Development of Drill Geometry for Burr Minimization in Drilling," Annals of the CIRP., Vol.52, pp45-48, 2003
3. Sung-Lim Ko and Byung-Kwon Kim, "Burr formation experiment in drilling on the inclined exit surface" 4<sup>th</sup> Asia-Pacific Forum on PSFDT, Vol.4, 2005