

교차구멍에 발생하는 버의 효율적 제거 방법에 관한 실험적 연구

An Experimental Study of the effective deburring method on the intersecting hole

*이경욱¹, #고성립²

*K. U. Lee(bs3721@konkuk.ac.kr)¹, #S. L. Ko(slko@konkuk.ac.kr)²

¹ 건국대학교 기계설계학과, ² 건국대학교 기계설계학과

Key words : Burr, Deburring tool, intersecting hole, main hole

1. 서론

버(Burr)란 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.

이번 실험에서는 실제적인 교차구멍을 만들고, 버 생성 메커니즘과 디버링 메커니즘에 대해 간략하게 규명하고, 디버링 툴의 종류와 구멍 크기 등에 따른 디버링 결과를 비교하여 보다 효과적인 디버링 방법에 대해 연구해 보았다.

실험에 사용된 툴은 fig. 1과 같이 beier tool $\varnothing 9$, $\varnothing 3$ 이 사용되었다.

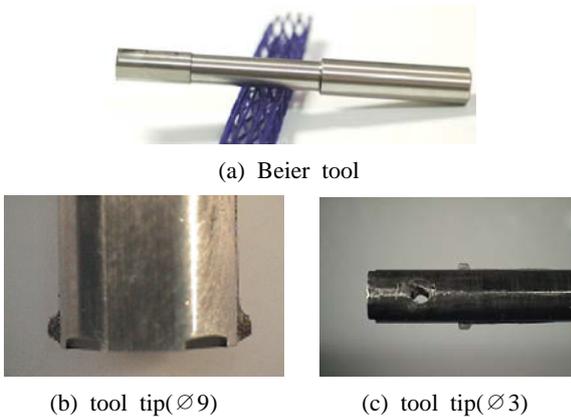


fig. 1 Configuration of Beier tool

2. 버 생성 연구

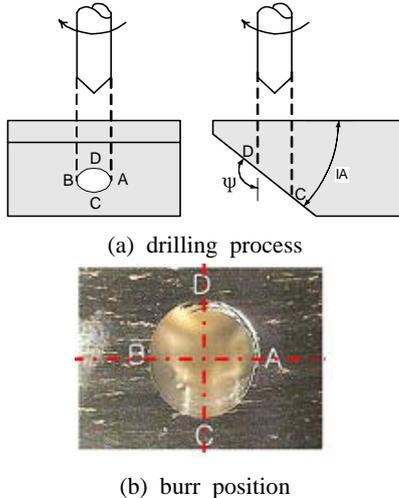


fig. 2 Schematic illustration of drilling process

출구면이 평면인 경우 발생한 버는 크기와 분포가 일정하며 일반적인 chamfer 공구로 버 제거가 용이하다. 하지만 경사진 출구면에서 발생한 버는 fig. 2에서의 구멍의 둘레 A 와 D에 걸쳐 대부분의 큰 버가 편중 발생한다. AD에 걸쳐 발생한 버는 드릴날부의 회전방향 및 속도, 이송속도 그리고 출구면의 경사각 등 여러 요소와의 관계에 의해서 생성된다. fig. 2에서 AD 영역

외의 영역에서는 매우 작은 버가 발생하였는데 이것은 출구각 (ψ)이 90° 이하인 A-C-B 영역과 드릴 회전시 인선의 진입부에 해당하는 C-B-D 영역에서는 미소한 버가 발생함을 알 수 있다. 이에 반하여 D-A영역은 출구각이 90° 이상이고 또한 드릴 회전시 인선의 출구부에 해당하기 때문에 큰 버가 발생한다고 여겨진다. 이것은 드릴 이송방향의 출구각이 큰 경우와 드릴 인선의 회전방향 출구부에서 주로 버가 발생하기 때문이다.

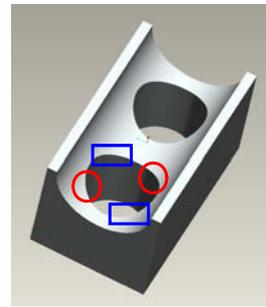


fig. 3 Burr formation on the intersecting hole

교차구멍인 경우 생성된 드릴 홀을 따라 출구각이 변하기 때문에 버의 생성이 일정치 않다.

경사진면에서의 버 생성 원리에서처럼 교차구멍에서도 버는 주로 fig. 3에서의 빨간색 원 부분에 편중되어 발생한다. 하지만 경사각이 계속 변하므로 일정 조건이라도 버의 크기를 예측하는 것은 사실상 매우 어렵다. 많은 실험결과 대체적인 경향이 fig. 3의 빨간색 부분의 버가 가장 문제가 되고 있으므로 그 부분의 버제거를 최우선하는 것이 본 실험의 목적이겠다.

3. 디버링 방법 연구

이 전 실험했던 burr-off tool 이나 burr-away tool, deburring fork 등은 교차구멍으로 진입하여 버를 제거하는 방법을 갖고 있는 공구였지만 beier tool은 crossing hole이 아닌 main hole로 진입하여 디버링 하는 공구이다.

fig. 4에서와 같이 beier tool의 툴팁이 교차구멍을 지나지 않는 (a)의 경우는 툴의 끝부분이 구멍 내부를 약간의 보링 역할을 하며 지나가게 된다. 따라서 내부 조도가 좋지 않은 구멍을 통과하게 되면 더 좋은 내부 조도를 갖게 된다. 실험결과 $1\mu m$ 정도가 그 기준이라 할 수 있었다. (b)의 경우에는 툴팁이 구멍내부를 지나가는 모습을 볼 수 있는데 툴 팁이 교차구멍으로 들어갈때가 아닌 교차구멍에 들어간 후 나오면서 버를 제거하는 것을 알 수 있다.

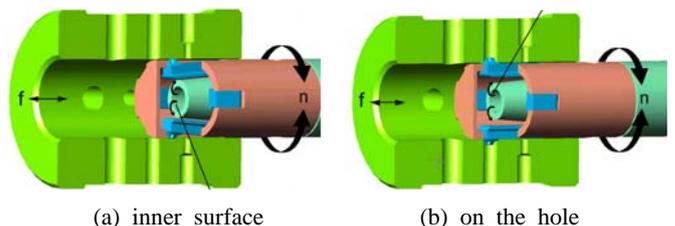


fig. 4 Schematic illustration of deburring process by Beier tool

4. 실험 및 결과

Table 1 Deburring conditions

Deburring tool (main hole)	Drilling hole size (crossing hole)	Material	Condition	
			RPM	Feedrate (mm/min)
Beier tool (∅9)	∅1~6	AL6061	1000	120
Beier tool (∅3)	∅0.5, 1, 2		2000	100, 200

Beier tool을 이용한 디버링 실험에서는 tool 자체가 정회전, 역회전을 모두 사용하고 툴 팁의 특성상 전구간에서 디버링 상태가 양호했다. 또한 디버링 전 면조도가 평균 Ra=0.62에서 디버링 후면조도가 평균 Ra=0.57으로, 디버링 전 Ra=2.4는 디버링 후 Ra=1.62로 좋아지거나 비슷한 조도를 유지하는 것을 볼 수 있었다. 하지만 추천압력치보다 조금만 높아져도 챔퍼면의 면조도가 크게 불량했고, 교차구멍의 크기가 작은(∅1, ∅2) 경우 fig. 5와 같이 더 세밀한 디버링을 하지 못하여 오히려 구멍 안쪽으로 밀립버가 생기는 것이 관찰되었다.

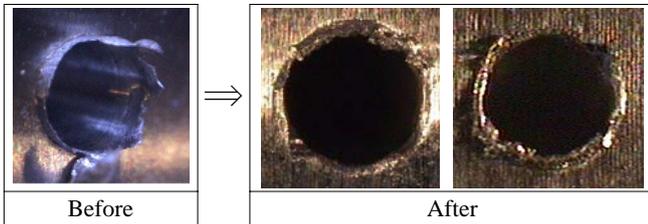


fig. 5 comparison between before and after deburring in 1mm drilling hole

Burr off tool과 Beier tool의 성능을 비교하기 위해 동일한 방식으로 실험을 실시하였다.

실험조건은 각 제조사의 최적조건에 맞추어 실시하였는데, table 2에서 보면 한 방향으로만 회전하는 Burr off tool은 디버링 되지 않는 구간에 밀립버가 생기고, 가장 낮은 지역(출구각 90°)의 큰 버는 뉘어지는 현상이 발생했다.

Beier tool은 양방향으로 회전하기 때문에 출구각이 큰 지역의 버는 모두 없어졌지만 출구각이 90°인 지역의 버는 제거되지 않았다. 이것은 구멍의 구조가 서로 대칭이며, 디버링이 fig. 4와 같은 방법으로 이루어지므로 출구각이 90°인 지역은 디버링 되지 않는 것이다. 가장 높은 버의 크기는 Beier tool이 0.191mm로 Burr off tool보다 0.027mm가 높게 나왔는데 이것은 Burr off tool의 툴팁의 높이가 높기 때문에 버가 많이 뉘어서 생긴 결과이다.

내부조도는 Beier tool이 0.35 μ m로 월등히 좋게 나타났다. 이것은 Beier tool의 tip부분의 크기가 작아 구멍 내부에 미치는 압력이 Burr off tool의 그것에 비해 약하거나 끝부분이 구멍 내부면과 점접촉을 이루어 약간의 보링역할을 하게 되기 때문이다.

table 2 Burr off tool과 Beier tool의 교차구멍 디버링 비교

tool	condition	RESULT			
		Picture	Measurement	Height	Ra
Burr off tool	800rpm, 80mm/min			0.164 mm	2.80 μ m
Beier tool	1000rpm, 120mm/min 0.4MPa			0.191 mm	0.35 μ m

∅3 beier tool의 경우에도 ∅1 교차구멍을 디버링 하기는 힘들

었다. ∅9 beier tool에 비해 tool tip의 크기가 높이는 0.32mm로 0.31mm만큼 작고 너비가 0.8mm로 1.68mm에 비해 절반가량으로 작았지만 1mm의 구멍을 디버링 하기엔 부족함이 많았다. ∅0.5 홀의 디버링도 시도하였지만 너비 0.8mm인 팁이 제대로 들어가지 못하여 버가 사방으로 퍼지는 결과만 보여주었다.

fig. 6에서 보듯이 압력에 따라서 각기 다른 양상을 보였는데 0.2MPa에서는 비교적 약한 압력으로 고무 적절한 챔퍼면이 생긴 반면 0.6MPa의 경우 과도한 압력으로 인한 2차 밀립버가 크게 생긴것을 볼 수 있었다.

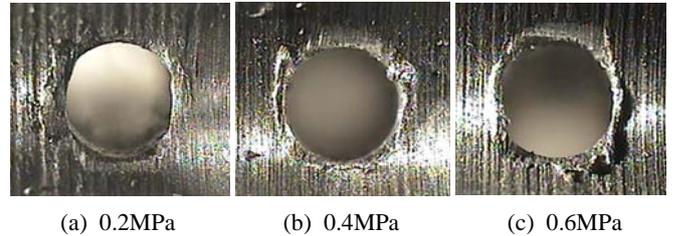


fig. 6 Deburring according to the pressure by ∅3 beier tool(∅1, 2000rpm, 200mm/min)

5. 결론

Beier tool같은 정·역회전을 모두 이용하더라도 구멍의 출구각이 90°인 곳에 존재하는 버는 제거하지 못하는게 한계이다. 이것은 Beier tool 구조상 fig.4와 같이 교차구멍으로 들어간 후 홀 내부로 나오면서 디버링 하는 메커니즘을 가졌기 때문에 가장자리 부분에서는 버 제거가 아니라 fig. 7과 같이 버가 뉘는 경향이 강하게 나타났다.

또한 진입부가 main hole이 아닌 crossing hole인 가공에 있어서도 table 2에서 보듯이 최하단 부에서는 충분한 절삭력을 가지지 못하여 버가 그대로 잔류하게 되는 결과를 보인다.

main hole에 비하여 crossing hole의 비율이 큰 경우는 최대 출구각이 180°에 근접하게 되며 디버링 후 큰 챔퍼면의 생성 원인이 된다. 따라서 공구의 진입이 crossing hole인 경우는 main hole에 대한 crossing hole의 비율이 작은 즉, 최대출구각이 90°에 가까운 교차구멍에 유리하며, 공구의 진입이 메인홀인 경우는 메인홀과 crossing hole의 크기가 비슷하여 최대출구각이 180°에 가까운 가공에 유리한 것을 유추할 수 있다.

진입방향에 따라 필요한 팁의 유형도 달라지게 되는데 crossing hole 진입의 경우는 보다 높은 팁이 디버링에 유리하며 너무 높지 않은 압력이 요구된다. 하지만 main hole 진입인 경우는 높지 않고 작은 크기의 팁이 필요하며, 어느 정도의 압력이 있어야 버가 밀리지 않고 제거가 되는 것을 볼 수 있었다.



fig. 7 remaining of burr after deburring(∅2, 2000rpm, 100mm/min, 0.2MPa)

참고문헌

- Gillespie, L.K., "Deburring Precision Miniature Parts," Precision Engineering, Vol.1, No.4, pp.189-198, 1979
- Ko, S. L. and Dornfeld, D., "A Study on Burr Formation Mechanism," Trans. of ASME, J. of Eng. For Materials and Technology, Vol. 113, pp. 75-87, 1991.
- Sung-Lim Ko and Byung-Kwon Kim, "Burr formation experiment in drilling on the inclined exit surface" 4th Asia-Pacific Forum on PSFDT, Vol.4, 2005