

경사진 출구면에서 드릴 버 형성에 관한 실험적 고찰

김병권*(건국대 대학원 기계설계학과), 고성림(건국대 기계설계학과, CAESIT)

Burr formation experiment in drilling on the inclined exit surface

B.K.Kim(Mecha. Eng. Dept. KGU), S.L.Ko(Mecha. Eng. Dept. KGU, CAESIT)

ABSTRACT

An Experiment was carried out to study burr minimization in drilling on the inclined exit surface. Several different drills, exit surface angles and cutting conditions were selected to determine their influences on burr formation. In drilling operation, there are not only flat exit surfaces but also inclined exit surfaces which is described as inclination angle. Inclination of exit surface causes a quiet different burr formation when comparing with flat surface. Burr formation mechanisms are analyzed according to the drill geometries and cutting conditions. Several schemes for burr minimization on inclined exit surface were proposed. Burr geometry in each drill and cutting condition are measured by laser measurement system.

Key Words : Burr(버), deburring(다버링), Inclined exit surface(경사진 출구면), Step drill(스텝드릴), Point angle(드릴 선단각), Burr Minimization(버최소화)

1. 서론

버(Burr)는 절삭가공 시 소성변형에 의해서 생기는 불필요한 부분으로서 제품의 수명을 단축시키고 작업자에게 상해를 입힐 수 있다. 다버링 공정과 모서리 마무리는 제품의 원가에도 많은 영향을 미친다.1)

드릴링 공정은 산업 전 분야에 걸쳐 사용되는 공정인데 유압 부품, 엔진 블록과 같은 부품은 교차하는 구멍의 가공이 많다. 이러한 버는 접근이 힘들어 제거하기 어려울 뿐만 아니라 제품의 수명과 성능에도 좋지 않은 영향을 미친다. 게다가 다버링 공정을 수행하는데 소요되는 시간과 비용은 버의 높이와 두께의 크기에 비례하므로 이것을 작게 한다면 제품의 단가를 줄일 수 있다.2)

교차된 구멍의 가공시 출구경사각은 구멍의 둘레에 따라 변하기 때문에 지금까지 연구된 출구가 평면일 때의 버최소화 방법이 적용되기 어렵다.

Stein 은 다양한 포인트 각을 가진 드릴을 사용하여 교차하는 구멍에서의 버 형성과 피드와 절삭속도의 영향을 알아 보았고 3) Kim 은 건 드릴과 일반드릴을 이용, 교차구멍에서의 버의 형태를 비교하는 실험을 수행하였고 4) Min 는 교차하는 구멍에

서 드릴버 형성 영역에 관한 연구를 수행하였다.5)

본 실험에서는 교차하는 구멍의 버를 최소화하기 위한 선행 실험으로써 그것의 가공을 단순화 하여 피삭재의 출구면에 경사가 있는 시편을 제작하여 다양한 스텝각을 가진 스텝드릴을 사용하여 버 형성을 관찰하였다.

2. 경사진 출구면의 버형성 실험

2.1 드릴과 시편의 형상 및 특징

이번 실험에서는 드릴이 관통하는 출구부에 경사가 있는 시편을 제작하여 드릴의 형상과 가공조건에 따른 경사진 출구부에서의 버형성을 관찰하였다. SM45C, SS400, AL6061 3 가지 피삭재를 이용하여 재료의 특성에 따른 버형성을 알아보려고했다. 시편의 입구부는 0 로 가공하고 출구부는 0? 15? 30? 45 로 가공하였다. 드릴링은 머시닝센터(Hyundai SPT18S)를 이용하여 50 ~ 250(mm/min)까지 5 단계로 증가시켰고 절삭속도는 일정하게 유지했다. 동일 가공조건으로 각각 2 회씩 드릴링했으며 절삭유는 사용하지 않았다. 형성된 버의 구체적인 형상을 얻기 위하여 레이저를 이용하는 비접촉식 레이저 측정장비를 이용하여 버의 높이와 두께를 구하였다.

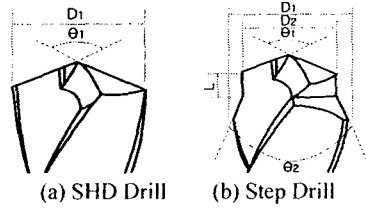


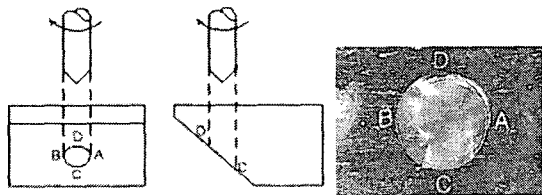
Fig. 1 Configuration of Drill

Table 1 Specifications of Drill Geometry

Drill Geom.	Carbide Drill(Ø3)						
	SHD	SD(Step drill L=2mm)					
	SHD	34040	34075	34100	36040	36075	36100
θ_1 (Pt. Ang.)	140°	113	118	114	118	116	113
θ_2 (Step Ang.)	-	40°	75	100°	40°	75	100
D_2 (mm)	-	2.4	2.4	2.4	2.6	2.6	2.6

본 실험에 사용된 드릴은 강력드릴(SHD)과 스텝 포인트에 의한 1차 절삭 후 스텝부의 2차 절삭에 의해 미절삭부의 영역을 줄여서 굽힘에 의한 버를 최소화하는 스텝드릴이 있다. 2) 실험에 사용된 드릴의 형상별 특징을 Table 1에 나타내었다. 스텝드릴은 형상이 복잡기 때문에 약어로 표기하였다. 스텝드릴은 SD로 시작하며 D_2 가 3mm, D_1 이 2.4mm, θ_2 가 40인 경우 SD34040으로 나타내었다. 각 드릴의 세부형상은 Fig. 1에 나타내었다

2.2 버형성 실험 및 관찰



(a) Drilling process (b) Burr position

Fig. 2 Schematic Illustration of Drilling Process

실험에 사용된 시편의 형상이 Fig. 2(a)에 나타나 있다. 이번 실험에 사용된 모든 드릴의 가공에 생긴 버는 Fig. 2(b)와 같다. 구멍의 둘레 A와 D에 걸쳐 0.2mm ~ 1.2mm의 정도의 버가 편중해서 발생하며 그 외의 부분에서 버는 0.1mm 이하의 작은 버가 생성되었다. A-D에 걸쳐 발생한 버는 드릴의 회전 및 이송, 출구면의 경사 그리고 드릴 모서리의 관계에 의해서 생성되는 것으로 여겨진다. 그 외의 영역에서는 버가 거의 발생하지 않았는데 이것은 출구각이 90° 이하인 A-C-B 영역과 드릴 인선의 진

입부에 해당하는 B-D의 영역에서는 버가 발생하지 않음을 알 수 있다. 이에 반하여 A-D 영역은 출구각이 90° 이상이고 또한 드릴 인선의 출구부에 해당하기 때문에 큰 버가 발생한다고 여겨진다. 이에 대한 정량적인 분석은 후후 연구과제이다. 이에 대한 부분적인 연구가 Min에 의해 이루어졌다[5].

2.3 실험결과

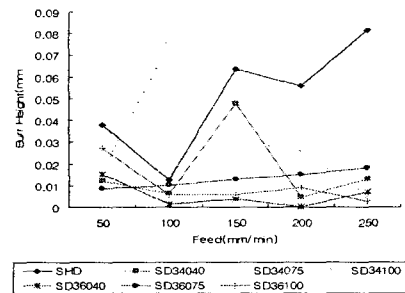


Fig. 3 Variation of burr height according to drill geometry and feedrate in SM45C with 0 inclination angle of exit surface

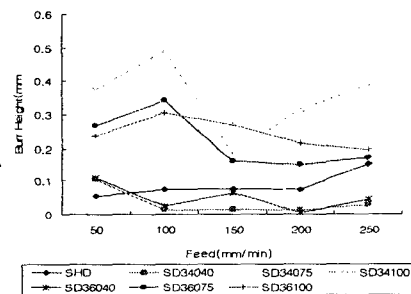


Fig. 4 Variation of burr height according to drill geometry and feedrate in SM45C with 15 inclination angle of exit surface

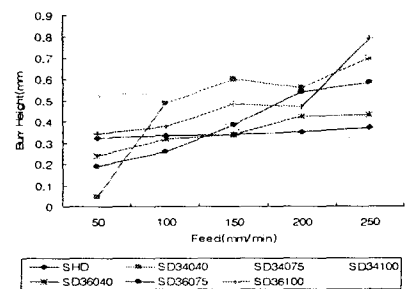


Fig. 5 Variation of burr height according to drill geometry and feedrate in SM45C with 30 inclination angle of exit surface

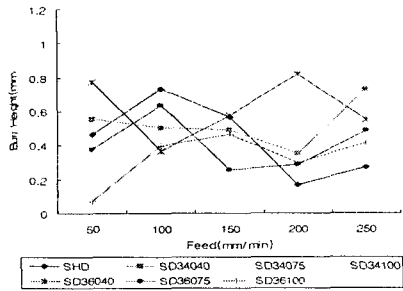


Fig. 6 Variation of burr height according to drill geometry and feedrate in SM45C with 45 inclination angle of exit surface

Fig. 3-6 까지는 SM45C 에 대해 각 드릴에 의해 생성된 버를 측정 한 후에 높이와 이송속도의 그래프로 나타낸 것이다. 여기에 나타난 버는 A-D 영역에서의 버의 평균높이를 나타내고 있다. 거의 모든 스텝드릴의 경우 출구면 경사각이 0 일 때 SHD 드릴에 비해 더 작은 버를 형성하고 있음은 이전 연구를 통해서 논의 되었으며 2) 이번 실험에서도 그 결과는 Fig.3 을 통하여 검증할 수 있었다. 그러나 출구 경사각이 15 일 때를 보면(Fig. 4) 스텝각이 40 인 경우에만 SHD 드릴보다 작은 버를 형성하고 있다. 출구 경사각이 증가함에 따라 높이가 차이가 미소해지며 출구경사각이 30 이상일 경우(Fig.5)에는 SHD 드릴과 스텝드릴의 성능이 비슷해지고 45 에서는 모든 드릴에서 높은 버가 형성됨을 알 수 있다(Fig 6) 특히 스텝각 100 인 드릴은 출구각이 30 이하일 때 산발적인 버를 형성했음에 반해 출구각이 45 가 되면 낮은 이송속도에서 다른 드릴보다 안정적인 성능을 내고 있는 것도 알 수 있다. 이는 45° 출구각에서 출구부의 각도가 증가하고 이송이 커질수록 피삭재 출구부의 강성이 작아지기 때문에 형성되는 밀림에 의한 굽힘 버이다..

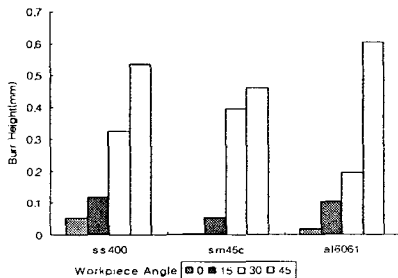
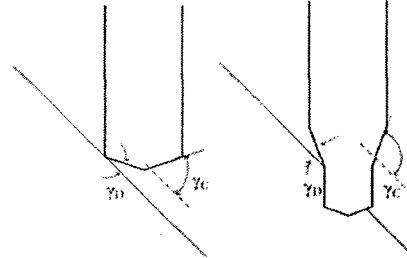


Fig. 7 Variation of burr formation according to the inclination angle of exit surface in different materials with SHD (F=50mm/min)

동일 이송속도에서 출구 경사각이 증가하면 버

의 높이 역시 비례해서 높아지는 결과를 볼 수 있는데(Fig. 7) 이는 출구면의 경사가 클수록 밀림에 대한 미절삭부의 굽힘 강성에 작기 때문에 발생된다. 대부분의 재료에서 출구경사각이 증가함에 따른 버의 높이가 지수적으로 증가함을 알 수 있다. 그러므로 교차구멍 가공시 각 구멍축간 거리가 클수록 출구면 경사각이 급격하게 커지기 때문에 매우 큰 버가 발생함을 알 수 있다. 그러므로 버 형성을 최소화 하기 위해서는 각 구멍의 중심 축 사이의 거리를 작게하고 각 축의 교차각을 가급적 90 가깝게 해야 함을 알 수 있다.

2.4 경사진 출구면의 버형성 결과 분석



(a) SHD (b) SD(SA=40°)

Fig. 8 schematic illustration of drilling process.

경사진 출구면에 생기는 버는 2 가지 형성원리에 의해서 발생된다. 전자는 드릴의 이송에 의해 생기는 밀림 버이고 후자는 드릴 절삭날의 의해 회전방향으로 생성되는 출구버이다.

Fig. 8 에 출구면 경사각이 45 일 때 드릴 선단각과 출구면과의 초기 관계가 나타나있다. 선단각이 140 인 SHD 드릴은 드릴중심부가 관통하기 전에 바깥날에 의한 관통이 먼저 일어난다. Fig.2 에서 출구 경사면과 드릴 선단각 사이의 코너각(γ)은 D-A-C 를 따라 -25 에서 65 로 변하고 스텝각이 40 일 때 γ 는 D 와 C 에서 각각 25° , 115° 이다. 다음의 공식에 의해 코너각(γ)이 계산되었고 그 값이 Table 2 에 있다

$$\gamma_{d,c} = (90 - \theta / 2) \mp IA$$

Table 2 Corner angles at point C and D

Drill (angle)	γ_D			γ_C		
	Inclination angle(IA)					
	15	30	45	15	30	45
SD(20°)	65	50	35	95	110	125
SD(40°)	55	40	25	85	100	115
SD(75°)	37.5	22.5	7.5	67.5	82.5	97.5
SD(100°)	25	10	-5	55	70	85
SHD(140°)	5	-10	-25	35	50	65

출구 경사면이 45° 일 때 스텝각이 40° 인 드릴의 코너각은 단지 25° 이며 대부분의 경우에서 큰 버가 형성되었다. 출구경사가 클수록 밀림 버는 최소화하기 어렵다는 것 알 수 있다.

이전연구의 결과에 따르면 코너각이 70° 보다 크면 스텝각이 40° 인 드릴로 평면을 가공시 미절삭부위의 강성이 증가하기 때문에 매우 작은 버가 형성된다. 그러나 Fig.9 를 보면 출구 경사각이 45° 와 같이 높을 때는 코너각이 25° 로 작기 때문에 미절삭부의 강성이 작아서 큰 버가 형성된다.

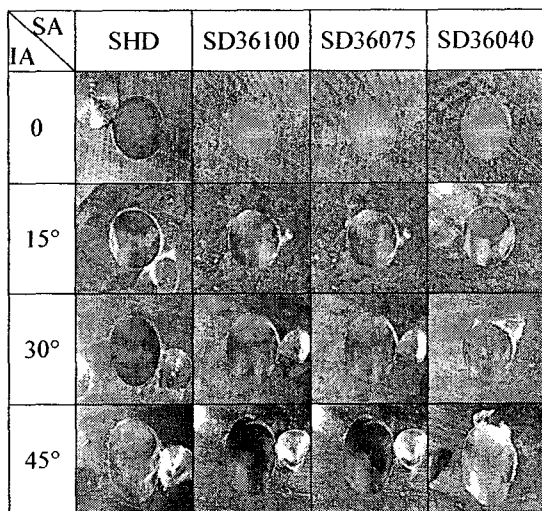


Fig. 9 Burr formation according to various IA and SA by SHD and SD in SM45C

따라서 큰 경사면인 경우에 스텝드릴을 이용해 미절삭부의 강성을 높이는 방법으로 버를 최소화하는 것은 어려운 일이라고 여겨진다. Fig. 8(a)와 같이 $\gamma < 0$ 일 때 바깥날에 의한 절삭으로 d점에서의 버는 거의 없게 된다. Fig. 9 에서 구멍의 오른쪽 반원은 드릴 날이 회전하면서 시편 안에서 밖으로 나가며 왼쪽 반원은 드릴날이 시편 안으로 들어간다. 자연히 버는 드릴날이 나가는 오른쪽 반원 중에서 출구각이 90° 보다 큰 A-D에 걸쳐 형성된다. 출구 버는 피삭재에 경사가 있을 때 생기며 이것의 형성 영역은 Min에 의해 계산되었다. 5) 그러나 드릴 형상에 변화를 주어 경사면에서의 버를 최소화하는 방법은 쉽지 않다. 최종적인 버는 이송방향의 버와 출구버가 합산되어 형성되기 때문이다. 이곳의 버 최소화는 Fig. 8 의 D부분의 강성을 증가시켜 밀림 버를 줄이는 것이다. 밀림 버를 줄이기 위해서 스텝각이 20° 인 스텝드릴이 제작되었다. 이 드릴은 출구 경사면이 45° 일 때 γ_d 는 35° 가 된다. 이것은 버를 제거 시키는 데는 충분하지 못하지만 다른 드릴에 비해 버를 좀더 최소화 할 수 있다. 그러나

이러한 드릴은 제작상의 어려움이 존재하고 일반적 용도로 사용하는 데에는 공구수명의 문제도 있을 것이다. 이러한 문제는 동시에 검증되어야 한다.

3. 경사면에서의 버 최소화

교차구멍 가공에서 버 최소화는 드릴축이 이미 가공된 구멍의 축에 근접하고 두 축이 직교할 때 이루어 진다. 다른 방법은 Fig. 8(a)와 같이 코너각을 음수로 하는 것이다. 그러나 이러한 현상은 출구경사가 큰 경우에서만 일어날 수 있다. 실제 교차구멍의 가공에서 출구 경사각이 변하는 것을 고려하면 $\gamma < 0$ 를 유지시키는 것은 쉬운 일이 아니다. 그러나 출구 경사면이 대체로 일정하다면 이 방법이 비형성 최소화 방법으로 쓰일수 있을 것이다.

4. 결론

경사진 출구면에서 비형성 최소화를 알아보기 위해 SHD 드릴과 스텝드릴이 사용되었다. 출구 경사각이 45° 경우 모든 드릴이 높은 버를 형성했고, 30° 이하일 때는 작은 스텝각을 가진 스텝드릴이 SHD 드릴보다 작은 버를 만들었다. 출구 경사각이 있는 경우 출구 버는 항상 형성되고 드릴형상에 변화를 주어 최소화하기는 어렵다. 이송방향의 버는 작은 스텝각을 가진 스텝드릴을 사용하여 미절삭부의 강성을 증가하는 방법으로 줄여 질 수 있다.

후 기

이 실험은 과학기술부의 2001 국가지정연구실(NRL) 지정사업으로 수행되었음

참고문헌

- Gillespie, L.K., "Deburring Precision Miniature Parts," Precision Engineering, Vol.1, No.4, pp.189-198, 1979.
- Sung-Lim Ko and Jae-Eun Chang, "Development of Drill Geometry for Burr Minimization in Drilling," Annals of the CIRP, Vol.52/1/2003, pp45-48
- Stein J., Dornfeld D., "Influence of Workpiece Exit Angle on Burr Formation in Drilling Intersecting Holes," Trans. North American Manufacturing Research Institute, SME, vol. 24, pp39-43, 1996.
- Kim, J., Dornfeld, D. A., and Furness, R., "Experimental Study of Burr Formation in Drilling of Intersecting Holes With Gun Drill and Twist Drills," Technical Papers of NAMRI/SME, pp. 39-44, 1999.
- Min, S. K., and Dornfeld, D. A., and Nakao, Y., "Influence of Exit Surface Angle on Drilling Burr Formation," J. Manufacturing Science and Engineering, vol. 125, no.4, pp. 637-644, 2003.