

구멍가공시 버형성 최소화를 위한 드릴형상 개발

장재은(건국대 대학원 기계설계학과), 고성립(건국대 기계설계학과)

Development of Drill Geometry for Burr Minimization in Drilling

J. E. Chang(Mecha. Eng. Dept. KKU), S. L. Ko(Mecha. Eng. Dept., KKU)

ABSTRACT

This Experiment was carried out for burr minimization in drilling. New drill geometries are proposed to minimize the burr formation in drilling operation. Three types of drills are made, chamfer, round and step drill. The burr formed in first cutting by front cutting edge can be removed in second cutting by the cutting edges in chamfer, round edge and step. New burrs are formed by second cutting and can be minimized according to the change of drill geometry like, chamfer size and angle, corner radius in round drill and step size and angle in step drill. To measure the burr formed in drilling, laser sensor is used.

Key Words : Burr(버), HSS Drill(고속도강 드릴), Carbide Drill(초경드릴), Chamfer Drill, Round drill, Step Drill(스텝드릴), Burr Minimization(버최소화)

1. 서론

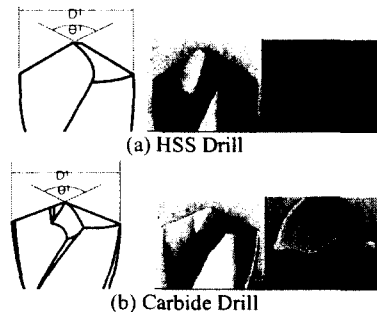
구멍가공시 발생하는 버는 입구에 발생하는 입구버와 출구에서 발생하는 출구버가 있다. 버형성이 부품의 품질과 조립에 영향을 미치는 것은 큰 형상의 버가 발생하는 출구버이다. 이 출구버는 추가적인 제조공정과 디버링을 요구하게 되며 이런 추가적인 단계들은 자동화 하기가 어려우며 대부분이 수작업으로 이뤄진다. 또한 정밀 부품에 있어서는 디버링과 모서리 마무리가 제품원가에도 많은 영향을 미친다.^(1,2) 이러한 추가적인 비용을 줄이기 위해 버의 발생 기구에 대해 실험적인 많은 논문들이 있는데 그 중에서 Pande 와 Relekar 는 드릴 가공시 버높이와 두께에 있어서 이송량과 절삭속도의 변화에 따른 버발생 경향을 관찰하였고⁽³⁾, Takazawa 는 드릴링의 여러 인자들이 버의 형성에 미치는 경향에 대해서 연구 하였다.⁽⁴⁾

본 연구에서는 구멍가공시 발생하는 버형성의 크기를 최소화할 위한 방법의 하나로써 새로운 형상의 드릴을 개발하고자 한다. 그에 따라 먼저 드릴의 코너부 인선에 chamfer 와 round 를 준 형상과 스텝이 부착되어 있는 형상의 3 가지 드릴을 변형하지 않은 원래의 드릴과 비교하여 버형성 결과를 관찰하였다.

2. 드릴형상 변경에 의한 버형성 실험

2.1 드릴의 형상 및 특징

본 연구에 사용된 드릴은 고속도강 드릴과 초경드릴로서 Fig.1 에서와 같은 변형하지 않은 원래의 형상의 고속도강 드릴과 초경드릴, 코너부 인선에 임의의 길이와 각도의 chamfer 를 지닌 chamfer 드릴 반경 R 의 코너부 형상을 갖는 round 드릴 그리고 직경이 작은 Step 단이 주어진 형상의 스텝드릴을 사용 하였다. 실험에 사용된 드릴의 형상은 Table 1 과 같다.



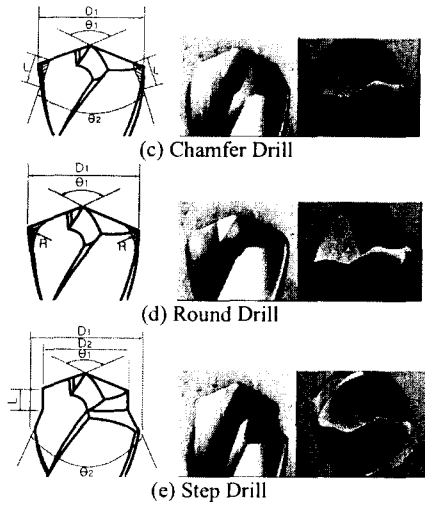


Fig. 1 Configuration Drills

Table 1 Specifications of Drill Geometry

Drill Geom.	HSS Drill	Carbide Drill								
		Chamfer		Round		Step				
		#1	#2	#1	#2	#1	#2	#3	#4	
θ_1 (Pt. Ang.)	118°	140°	140°	140°	140°	140°	140°	140°	140°	140°
θ_2 (Chamfer/ Step Ang.)	.	.	60°	40°	.	.	75°	100°	130°	75°
D_1 (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
D_2 (mm)	.	.	.	.	.	.	8	8	8	9
R (mm)	.	.	.	.	1.5	2.5	.	.	.	.
L (mm)	.	.	2	2	.	.	2	2	2	2

Table 1 에서와 같이 선단각은 HSS 드릴은 118° 초경드릴은 140° 이고 직경은 동일하게 $\phi 10$ 드릴을 사용하였다. 드릴의 제작은 이러한 기본 형상을 가진 초경 드릴의 날부를 Fig.1 과 같이 가공을 실시하여 주어진 형상의 드릴을 제작하였다.

2.2 버형성 실험 및 관찰

2.2.1 실험조건

실험에 사용된 피삭재와 절삭조건은 Table 2 에서 나타내었다. 가공은 머시닝 센터(Hyundai SPT18S)에서 실시하였으며 피삭재는 산업 현장에서 널리 사용되는 SM45C 을 사용하였고 절삭조건은 초경 드릴의 최적 절삭조건을 적용하여 동일 절삭속도에 5 단계로 이송속도를 증가시켰다. 절삭유는 사용하지 않았으며 절삭깊이는 일정한 비율을 적용하여 동일한 조건을 유지하였다.

Table 2 Cutting Conditions for Burr Formations in Drilling

Drill	Material (Hardness)	Speed (m/min)	Feed (mm/min)	Coolant
HSS Drill	SM45C (HRC14)	35	50	Dry
Carbide Drill			100	
Chamfer Drill			150	
Round Drill			200	
Step Drill			250	

2.2.2 실험결과

드릴 가공후 형성된 버는 CCD 카메라를 이용하여 형상을 찍었다. 또한 버형성의 구체적인 형상을 구하기 위하여 레이저를 이용하는 비접촉식 레이저 측정 장치를 이용하여 버의 높이와 두께에 대한 데이터를 구하였다.⁽⁵⁾

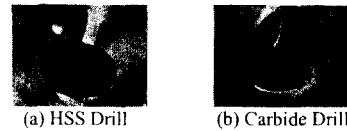


Fig.2 Burr Formation by Conventional Drill in SM45C

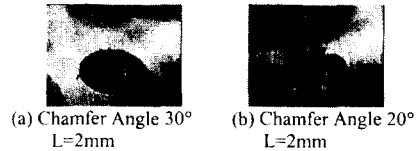


Fig.3 Burr Formation by Chamfer Drill in SM45C

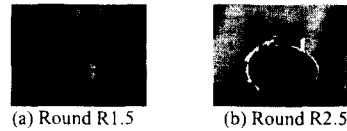


Fig.4 Burr Formation by Round Drill in SM45C

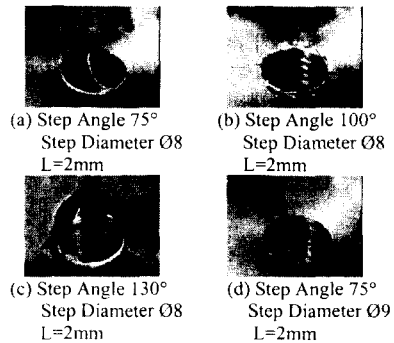


Fig.5 Burr Formation by Step Drill in SM45C

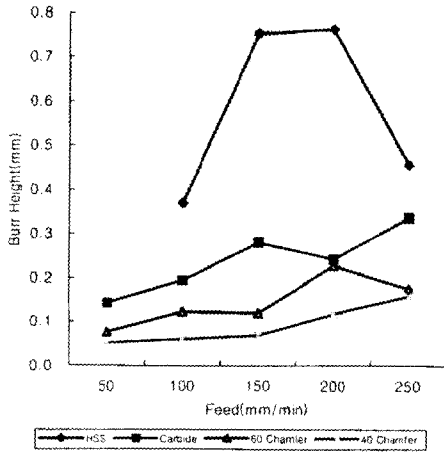


Fig. 6 Burr Height by Chamfer Drill in SM45C

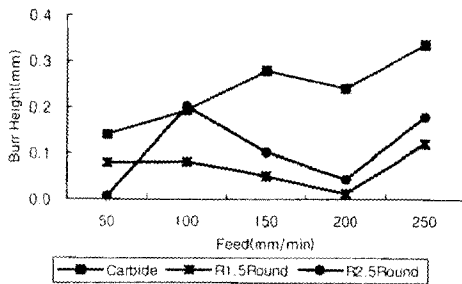


Fig. 7 Burr Height by Round Drill in SM45C

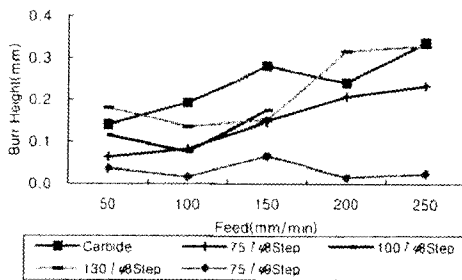


Fig. 8 Burr Height by Step Drill in SM45C

Fig. 2~5까지는 각 드릴 형상에 따른 버형성에 대한 사진이고 Fig. 6~8은 그에 따른 결과를 레이저를 이용하여 측정 한 후에 각 드릴의 형상별로 분류하여 버높이와 이송속도의 그래프로 나타낸 것이다. HSS 드릴과 초경 드릴은 이전의 연구 결과⁽⁷⁾에서와 같이 초경드릴에서 더 작은 크기의 버가 형성이 되며 chamfer 드릴에서는 60°chamfer 보다는 40°Chamfer에서 버의 높이가 더 작고 round 드릴에서는 R1.5보다 R2.5가 버의 높이가 더 작게 나왔다. 또한 스텝 드릴에서는 스텝부의 선단각이 제일

작은 75°에서 가장 작은 버가 나왔고 그 중에서 스텝의 직경이 큰 Ø9에서 Fig. 5(d)와 같이 버가 거의 없는 형상이 나왔다.

2.3 드릴형상 변경에 의한 버형성원리

2.3.1 Chamfer 드릴에서의 버형성관찰

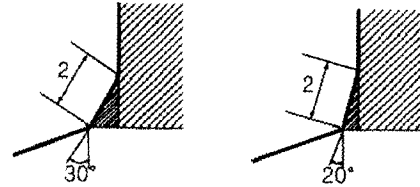


Fig. 9 Schematic Illustration of Drilling Process when drill exits with chamfered drill.

Chamfer 드릴에서는 60°와 40°의 두가지 chamfer 각을 갖는 형상에 대하여 실험을 하였다. 드릴의 코너부 인선에 chamfer를 줌으로써 가공은 1차적으로는 선단각 140°에 의해 가공이 진행되다가 chamfer 부에 도달해서는 Fig. 9에서와 같이 60°와 40°의 선단각을 갖는 드릴가공과 유사한 가공을 한다. 여기서 60°chamfer에서 보다는 40°chamfer에서 미절삭부의 양이 작고 드릴의 진행방향으로의 굽힘 변형에 대한 강성이 크기 때문에 드릴 이탈시에 저항에 의한 굽힘 변형이 적어 실험결과에서와 같이 작은 버가 형성되었다.

2.3.2 Round 드릴에서의 버형성관찰

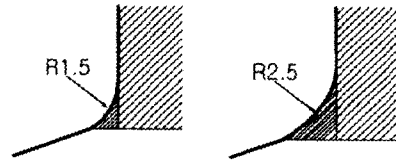


Fig. 10 Schematic Illustration of Drilling Process when drill exits with rounded drill.

Round 드릴에서는 코너 반경이 R1.5와 R2.5 두가지에 대해서 실험을 실시하였다. 여기서도 chamfer 드릴에서와 마찬가지로 R2.5에서는 관통이 되기 직전에 강성이 충분하지 않은 미절삭부에 굽힘 변형이 일어나 R1.5 보다는 큰 버가 형성이 되었다.

코너 R부의 시작점과 끝점을 연결하는 선을 chamfer 드릴의 chamfer 부로 여긴다면, chamfer 각도와 크기에 따른 버형성 원리가 유사하리라 본다. 정확한 코너 R이 형성된다면 chamfer 각은 항상 동일하고 길이는 코너 R이 작은 경우에 작게 됨을

알수 있다. 그러나 제작상의 문제로 인하여 정확한 R 을 제작하기 어렵기 때문에 균일한 제품이 보장되기 어렵고 단지 chamfer 의 길이의 감소로 버형성이 감소되었음을 알 수 있다.

2.3.2 Step 드릴에서의 버형성관찰

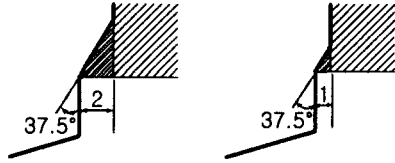


Fig.11 Schematic Illustration of Drilling Process when drill exits with step drill.

스텝드릴에서는 스텝각이 다른 3 가지의 드릴과 스텝의 직경이 다른 드릴 1 가지를 가지고 실험을 하였다. 스텝각이 100°와 130°에서는 스텝부에 의한 2 차 가공에서는 미절삭부가 드릴의 진행 방향으로의 장성이 충분치 않아 끝부분에서는 Fig.5(b) (c)와 같이 1 차 가공에서 형성된 캡이 그대로 붙어 떨어질러 나오게 되어 스텝부와 드릴부의 직경의 단차만큼의 파열형의 버가 형성되게 된다. (7) 스텝각이 가장 작은 75°에서는 100°와 130°보다는 훨씬 작은 크기의 버가 형성이 되었고 Fig.9 에서와 같이 스텝의 직경이 큰쪽이 미절삭부의 절삭량이 작아 상대적으로 작은 버가 형성 되었다.

Chamfer 드릴의 chamfer 각은 스텝드릴에서는 각각 스텝각 60°와 40°가 된다. 그리고 직경은 스텝 직경으로 본다면 $\varnothing 8$ 와 $\varnothing 8.6$ 에 해당이 된다. 여기서 60°/ $\varnothing 8$ 를 스텝드릴 75°/ $\varnothing 8$ 과 비교하면 Fig.6 과 Fig.8 에서와 같이 각도가 작은 chamfer 드릴에서 버의 크기가 더 작게 나오게 된다. 또한 40°/ $\varnothing 8.6$ 을 스텝드릴 75°/ $\varnothing 9$ 와 비교하면 스텝드릴은 남은 절삭부의 양도 작고 각도도 작아서 더 작은 형상의 버가 발생한다.

3. 드릴 형상변경에 의한 버최소화

본 연구에서는 버의 형성을 최소화하고자 출구부의 소성변형에서 드릴의 날부에 절삭이 진행되면서 미절삭부가 굽힘에 의해서 버가 발생하지 않게 충분한 강성을 유지 하도록 여러가지 각도를 주어 실험을 실시하였다. Round 드릴에서는 날부의 R 을 증가시키면 앞절에서의 결과와 같이 버가 커지고 코너 반경을 더 줄이게 되면 어느 정도까지는 버의 최소화가 이루어지지만 작은 코너 R 부위에서는 절삭이 영향을 미치지 못하게 되어 가공하지 않은 원래의 형상드릴과 비슷한 결과가 나오게 된다.

스텝드릴과 chamfer 드릴의 차이는 스텝부의 단차의 유무이다. 단차의 유무에 따른 버의 크기차이는 관찰되지 않았으나 절삭력과 정밀도면에서의 구멍의 진원도에서 차이가 있을 것으로 예상된다.

버의 최소화를 위한 방안으로서 현재의 재료와 형상에서는 스텝각이 75°와 스텝직경이 $\varnothing 9$ 인 드릴이 가장 좋은 결과를 나타내었고 이것의 최적화된 값을 얻기 위해서는 절삭저항의 측정과 진원도의 측정이 이뤄지고 그에 따른 공구의 수명과 안정성 측면이 고려 된 형상이어야만 한다.

4. 결론

버형성 최소화를 위한 방안으로서 드릴형상의 변경에 의한 방법을 적용하였다.

초경드릴에서는 원래의 형상과 날부에 주어진 길이와 60°와 40°각도의 Chamfer 를 주어 가공한 형상의 Chamfer 드릴, 날부에 R1.5 와 R2.5 의 Round 를 준 형상의 Round 드릴 그리고 스텝각 75°,100°,130°와 스텝직경이 $\varnothing 8$, $\varnothing 9$ 스텝드릴을 사용하였다. 제시된 3 가지 형상의 드릴은 형상을 변경하지 않은 드릴에서 형성된 버에 비해 작은 버가 형성 되었으며 그 중에서 스텝드릴에서 스텝각이 75°와 스텝직경이 $\varnothing 9$ 인 드릴에서 버가 거의 없는 구멍가공이 이루어졌다.

참고문헌

1. Gillespie, L.K., "Deburring Precision Miniature Parts," Precision Engineering, Vol.1, No.4, pp.189-198, 1979
2. Gillespie, L.K., "Deburring Technology for Improved Manufacturing," SME, Dearborn, MI, 1981.
3. Pande, S. S., Relekar, H. P., "Investigations on Reducing Burr Formation in Drilling," Int. J. Machine Tool Design Research, Vol.26, No.3, pp.339-348, 1986
4. Takazawa, K., "The Challenge of Burr Technology and Its Worldwide Trends," Buu. of Japan Society of Precision Eng., Vol.22/3, Sept., 1988:165-170
5. Sung-Lim Ko, Kun-Bae Jun and Jing-gu Lee, "Development of the Burr Measurement System using Laser," 4th Japan-Korea Joint Technical Conference on Surface Finishing Burr Technology, Incheon, 1999: 66-76.
6. Sung-Lim Ko, Jing-Koo Lee, "Analysis on Burr Formation in Drilling with New Concept Drill," J. of Materials Processing Technology, Vol.113, 2001:392-398.
7. 고성림, 김진호, "구멍가공시 스텝드릴을 이용한 버형성 최소화를 위한 연구," 한국정밀공학회지, 제 99 권, 제 10 호, pp.132-140, 2000.