

미세치수조절 스텝커터의 개발 및 성능평가

Development And Performance Evaluation of The Micro Dimension Controlled Step Cutter

허윤녕¹, 황종대², *정윤교³

Y. N. Heo¹, J. D. Hwang(hjd2123@korea.com)², *Y. G. Jung³

¹ 창원대학교 대학원 기계공학과, ² 창원대학교 TIC, ³ 창원대학교 기계공학과

Key words : Micro Dimension Control, Step Cutter, Drilling, End-milling, Boring

1. 서론

오늘날 정밀가공 분야에서는 치수정밀도가 높고 표면조도가 우수한 구멍(Hole)가공이 매우 빈번하게 이루어지고 있다. 특히 금형의 가이드핀이나 치공구의 기준홀 등 정밀 구멍 가공이 필요한 분야에서 치수정밀도 및 표면조도의 요구 수준이 급격히 높아지고 있다. 이와 더불어 무한경쟁 환경에서 생산성의 우위를 점하기 위한 공정개선, 가공시간 단축 등의 요구도 급증하고 있다.

반면 현재의 정밀 구멍가공 공정을 살펴보면 황삭개념의 드릴링가공, 직진성 확보를 위한 중삭개념의 엔드밀링가공 및 최종 정밀치수 관리와 표면조도 개선을 위한 보링가공으로 공정이 분리되어 있어 공정관리, 공구교환 시간, 사용공구수의 증가 등의 측면에서 생산성 저하의 주요인으로 작용하고 있다.

따라서 이러한 공정분리형 작업 형태를 획기적으로 전환하여 하나의 공구를 사용한 황삭(드릴링), 중삭(엔드밀링), 정삭(보링) 동시 가공형 작업으로 전환할 필요성이 제기된다. 또한 μm 단위의 치수관리를 위한 치수조절 메커니즘의 적용이 필요하다. 이와 같이 초정밀 구멍가공을 위한 미세치수조절이 가능한 드릴, 엔드밀링, 보링 일체형 커터의 개발(이하 스텝커터)이 현실화될 경우 공정복합에 의한 생산성 향상, 미세치수조절에 의한 치수정밀도 향상 및 표면조도 개선의 효과를 얻을 수 있기 때문에 산업현장에서의 높은 호응이 기대된다.

본 연구에서는 구멍가공의 생산성을 높이고 표면조도 및 정밀도를 향상하기 위한 스텝커터를 개발하고 다양한 성능평가를 통하여 개발품의 신뢰성을 확보하고자 한다.

2. 미세치수조절 스텝커터의 설계

2.1 스텝커터의 개념 설계

기존의 정밀 구멍 가공은 드릴링에 의한 1차작업(황삭), 엔드밀에 의한 2차작업(중삭), 리머나 보링바에 의한 3차 작업(정삭)으로 공정이 분리되어 있어 생산성 저하를 비롯한 다양한 예로사항이 존재하여 왔다. 따라서 Fig. 1과 같이 드릴링 작업 이후 1차 보링팁에 의한 중삭 및 2차 보링팁에 의한 정삭으로 스텝을 나누어 하나의 커터에서 공정이 통합될 수 있도록 하는 드릴 보링 일체형 스텝커터를 개발하고자 한다.

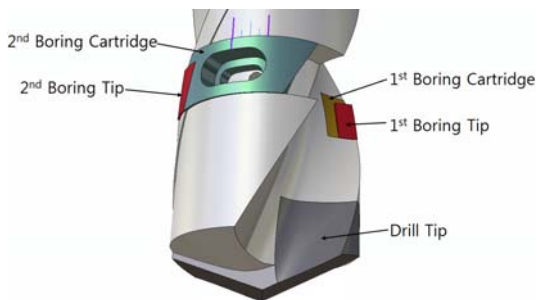


Fig. 1 Micro dimension controlled step cutter

드릴 보링 일체형 스텝커터는 Fig. 1과 같은 개념으로 설계되었다. 먼저 1차가공(황삭)은 커터의 최저부에 드릴팁을 부착하여 드릴링 작업을 수행한다. 이 때 최종 구멍의 치수가 ϕ 인 경우 드릴팁의 인선 직경은 $\phi-0.5\text{mm}$ 로 관리한다. 다음 2

차가공(중삭)은 1차 카트리지에 부착한 보링팁을 사용하여 가공하며 1차 보링팁의 인선 직경은 $\phi-0.1\text{mm}$ 로 한다. 중삭이후 정삭을 위한 3차가공(정삭)은 2차 카트리지에 부착한 보링팁을 사용하여 가공한다. 이 때 드릴팁에서 보링팁까지의 단차는 드릴경과 소재의 칩배출 유동성 정도 등 다양한 변수가 예상되므로 적절한 선택이 요구되어지며 본 과제에서는 10mm 단위로 단차를 두어 칩배출 특성을 관찰한 후 최적의 단차 치수를 결정할 것이다. 1차 보링팁과 2차 보링팁 사이의 각도는 180도로 하였는데 이는 절삭부하의 균형을 위한 고려이다. 또한 보링팁 간 높이는 단차는 1mm로 하였다.

2.2 미세치수조절 메커니즘

2차 보링팁에서 정밀치수를 보장하는 정삭작업을 수행하기 위해서는 μm 단위로 미세치수를 조절해주는 메커니즘이 필요하다. Fig. 2는 보링팁을 장착한 카트리지가 커터 바디의 카트리지를 부착 곡면 위에서 좌, 우로 슬라이딩할 수 있음을 보여준다. 이 때 보링팁의 인선반경은 연속적으로 변화한다. 요구하는 인선반경을 맞추기 위한 Scale이 커터 바디 부에 각인되어 있기 때문에 요구 지점에서 치수조절용 Bolt를 고정하면 된다.

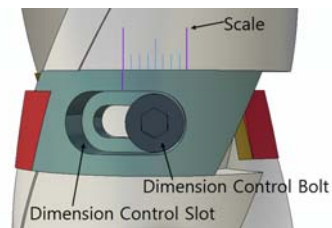


Fig. 2 Schematic design of step cutter

카트리지의 좌, 우 미끄럼 시에 인선 반경 값이 변화할 수 있는 메커니즘은 Fig. 3을 통하여 알 수 있다. Body의 직경과 Flute 형상에 의해 카트리지가 이동할 수 있는 Stroke 각도가 결정되고 이를 이용하여 최대 가공치 $\phi 32\text{mm}$ 지점과 최소 가공치 $\phi 31.8\text{mm}$ 지점을 $\phi 31.8\text{mm}$ 원으로 연결하면 커터바디 원의 중심점과 편심된 원을 생성할 수 있어 미끄럼 시 인선반경의 변화를 도출할 수 있다. 이로 인해 좌, 우 미끄럼 스트로크가 약 6mm 가량 이루어질 때 보링팁의 인선 반경 변화는 0.2mm까지 제어할 수 있으며 치수 조절 Scale을 각인함에 따라 원하는 μm 단위의 분해능을 얻을 수 있다.

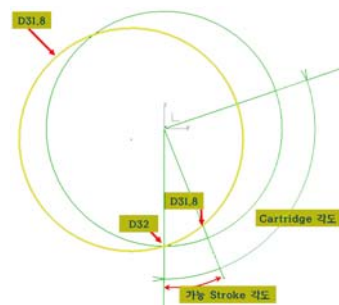


Fig. 3 Mechanism of the micro dimension control

2.3 상세 설계 및 Parametric Modeling

스텝커터는 여러 요소들로 조립되며 구성 요소들을 상세 설계하였다. Fig. 4의 (a)와 같이 1차 드릴 작업을 수행하는 Drill Tip의 형상 및 커터바디에 조립하기 위한 Hole 및 Slot 형태를 상세 설계하였다. 2차 보링 카트리지는 원하는 Stroke 만큼 이동하기 위해 치수 조절용 Slot Hole의 크기 및 체결력을 고려해 위치를 결정하였다. 또한 인선반경의 분해능을 위해 각인한 Scale 부위에 대한 상세 설계를 수행하였다. Scale은 편심된 원의 Stroke를 기준으로 분배되나 실제로는 커터바디상에 각인므로 간격이 일정하지 않아 인선반경 치수를 기준으로 Scale의 눈금 위치를 결정하였다.

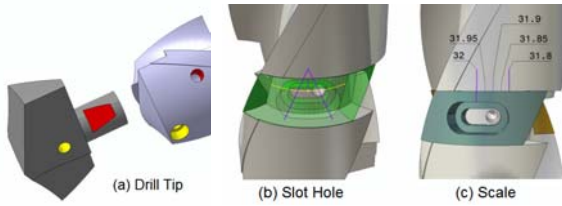


Fig. 4 Detail design of elements of the step cutter

스텝커터의 설계 시 설계요소들은 설계절차에 따라 Fig. 5와 같은 연관관계를 가진다. 해당 설계 요소들을 Parameter화하고 Relation을 부여하여 설계변경시 자동설계변경이 이루어지도록 하였다. 이는 추후 공구반경이 다른 스텝커터의 자동설계가 가능하게 해준다.

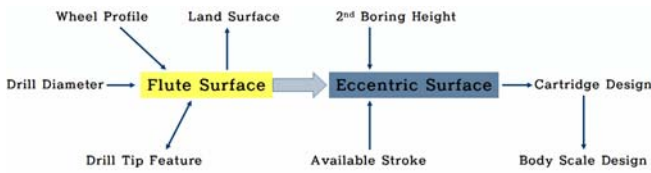


Fig. 5 Relation of elements of the step cutter

3. 커터바디의 제작

커터바디는 5축복합가공기(Integrex-500, Mazak)에서 제작하였다. Fig. 6은 5축가공 공구경로를 보여주고 있으며 Fig. 7은 실제 가공하고 있는 장면이다.^{1,2} Fig. 6과 Fig. 7의 좌로부터 각각 Flute부와 보링팁 장착면, 드릴팁 장착면에 대한 공구경로 및 실제가공 장면이다. 보링 카트리지는 링으로 가공하여 절단하여 제작하였고 드릴팁은 초경소재를 연삭하여 제작하였으며 보링팁은 표준품을 장착하였다. 제작결과 Fig. 8과 같은 스텝커터를 완성하였다.

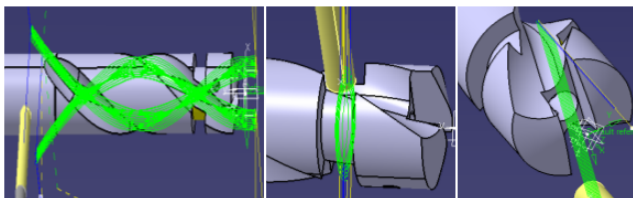


Fig. 6 Cutter path for the 5-axis machining



Fig. 7 5-axis machining for the step cutter

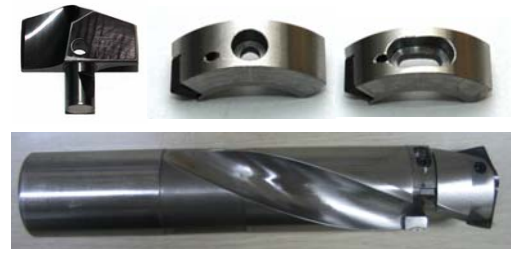
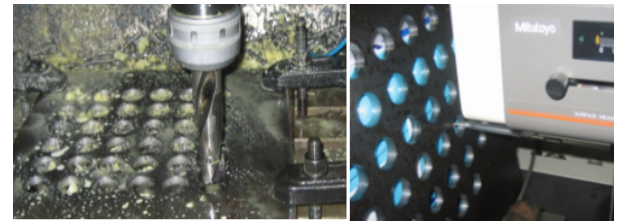


Fig. 8 Developed step cutter

4. 스텝커터의 성능평가

스텝커터의 성능평가는 Fig. 9의 (a)와 같이 SS200 구조용강을 피삭재로 사용하여 실시하였다. 비교를 위하여 일반 하이스 솔리드 드릴과 스텝커터를 각각 32 Hole 씩 가공하였으며 Fig. 9의 (b)와 같이 표면조도 측정을 수행하였다. 표면조도 측정 결과 Fig. 10과 같이 기존의 솔리드커터에 비하여 약 5.79 μm 정도 개선되었음을 알 수 있다.



(a) Cutting experiment (b) Surface roughness test

Fig. 9 Cutting experiment of the step cutter

Hole No.	Solid drill Ra(μm)	Step cutter Ra(μm)
1	1.04	0.68
2	3.35	1.36
:	:	:
31	11.63	0.34
32	4.98	0.64
Ave.	6.84	1.05

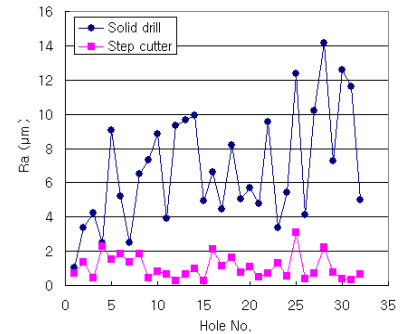


Fig. 10 Comparison of the surface roughness test

5. 결론

1. 생산성을 향상하고 정밀도 및 표면조도를 개선하기 위한 미세치수조절 스텝커터를 개발하기 위한 설계방안을 제시하였다.
2. 5축가공기와 공구연삭기를 사용하여 스텝커터를 제작하였다.
3. 개발한 스텝커터와 기존의 솔리드 드릴을 사용하여 절삭실험을 수행한 결과 솔리드 드릴에 비하여 약 5.79 μm 정도 표면조도가 개선되었다.
4. 향후 성능 평가의 신뢰성을 확보하기 위하여 미세치수조절 결과값 측정, 공구절삭저항 실험 등을 추가할 계획이다.

후기

본 연구는 산업자원부 지정 2006년도 지역산업기술개발사업 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. 황중대, 정윤교 "인서트형 밀링커터의 복합5축가공 기술개발에 관한 연구," 한국 공작기계학회 춘계학술대회, 21-26, 2004.
2. 최병규, 전차수, 유우식, 편영식, 정연찬 "CAD/CAM 시스템과 CNC 절삭가공," 사이텍 미디어, 348-358, 2001.