

타원진동절삭 시 공구궤적 축의 기울기 변화에 따른 절삭성 Machining Characteristic of an Elliptical Vibration Cutting according to Tilting Angle of an Elliptical Trajectory

#김기대¹, 노병국²

#G. D. Kim(gidkim@cu.ac.kr)¹, B.G.Loh²

¹대구가톨릭대학교 기계자동차공학부, ²한성대학교 기계시스템공학과

Key words : Elliptical vibration cutting(EVC), Tilting angle, Elliptical trajectory, V-grooving

1. 서론

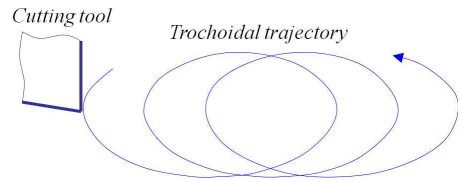
V-홈 가공 시 절삭방향과 배분력방향으로 공구 날에 2차원 진동을 발생시켜 가공하는 방법을 타원진동절삭(elliptical vibration cutting, EVC)이라 한다. 미세가공 시 이러한 가공법을 적용하면 절삭저항을 줄이고 가공정밀도를 향상시킬 수 있음을 선행연구를 통해 확인하였다.¹⁻⁵ 특히 본 연구진은 두 개의 압전소자를 이용한 EVC 가공 시 가진주파수와 진동의 진폭이 증가할수록 EVC 효과가 커짐을 이론적 해석과 실험을 통해 확인하였다.⁴

본 연구에서는 타원공구궤적의 장축(major axis)의 방향이 절삭방향과 이루는 각도를 변화시켜가면서 공구 궤적을 생성시켰고, 이러한 타원 공구궤적의 축의 기울기 변화가 절삭저항의 변화와 가공정밀도에 어떤 효과를 미치는 지 살펴보았다.

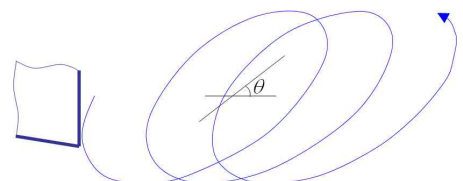
2. 타원 공구궤적 축의 방향

절삭방향과 배분력 방향으로 각각 평행하게 두 개의 압전소자를 서로 수직하게 배열하고 나사로 예압을 주어 공구와 결합하여 절삭공구에 2차원 진동변위를 생성시켰다.⁴⁻⁵ EVC에서는 일반적으로 절삭방향과 배분력 방향에 평행한 두 방향으로 정현파 진동변위를 발생시키고 이들 두 변위를 합성하여 2차원 타원궤적을 발생시킨다. 기존의 연구에서는 타원 공구궤적의 장축과 단축의 방향이 각각 절삭방향과 배분력 방향과 평행하여 전체적인 타원궤적은 절삭방향과 평행한 모양을 생성시켰다. 이러한 압전소자 변위에 의한 2차원 타원궤적이 공구의 절삭방향 운동과 결합되면 공구는 Fig. 1(a)와 같은 형상의 트로코이드(trochoid) 운동을 하면서 절삭가공한다.

한편 타원공구궤적의 장축을 절삭방향에 대해 일정한 각도(θ)만큼 기울여서 궤적을 생성시키면



(a) Tilting angle = 0°



(a) Tilting angle = θ

Fig.1 Trochoidal trajectories of a cutting tool in EVC

공구는 Fig. 1(b)와 같은 궤적을 따라 절삭가공을 하게 된다.

3. 실험 및 결과

Fig. 2는 두랄루민(Al6061) 재료를 절삭깊이 15 μ m, V-홈 경로간 간격 23 μ m, 절삭속도 10mm/s로 일반적인 절삭(conventional cutting, CC)방법과 EVC 방법으로 5회 연속 V-홈 가공을 한 것을 나타낸다. EVC 방법을 적용할 때는 타원궤적의 축의 방향을 변화시켜가면서 가공하였다. 선행연구 결과와 마찬가지로 EVC 방식으로 가공하였을 경우 가공정밀도는 매우 향상되었다. 또한 타원궤적의 축을 22.5° 기울여서 가공(Fig.2.c)하였을 경우 기울이지 않고 가공한 일반 EVC 방식(Fig.2.b)에 비해 가공정밀도가 더욱 향상된 것을 확인하였다.

한편 가공 시편을 SEM으로 촬영한 후 육안으로 가공정밀도 향상을 확인하는 정성적인 평가는 한

계가 있으므로 가공 중 공구동력계(Kistler, 9256C)로 절삭저항을 측정하여 타원궤적 축의 각도에 따른 EVC 절삭성을 정량적으로 평가하였다. 절삭 깊이(10, 15, 20, 30 μm)와 이송속도(3,5,10mm/s)를 변화시키고, 타원궤적 축의 각도를 0°에서 157.5°(-22.5°)까지 22.5° 간격으로 증가시켜가면서 EVC 가공을 수행하였다. Fig. 3은 각 절삭조건에서 일반절삭(CC)방식으로 가공하였을 때 측정된 절삭저항 값에 대한 타원궤적 축의 방향이 변화하였을 때 측정된 절삭저항 값을 백분율(%)로 나타내고 여러 절삭 조건에서 측정한 이 비율들의 평균값의 변화를 보여주고 있다. 이를 통해 타원궤적의 축이 변화하면 일정한 경향으로 절삭저항이 변화한다는 것을 확인하였으며, 실험 결과 타원궤적 축의 각도가 20~30°일 때 절삭저항이 가장 작고, 이 때 가공정밀도가 가장 높은 것으로 나타났다.

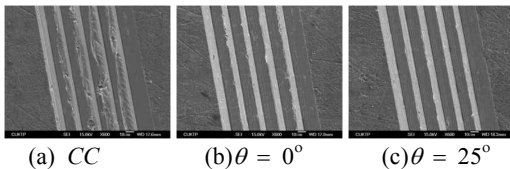


Fig.2 Successive V-grooves machined by conventional cutting(CC) and EVC with different tilting angle of elliptical trajectory (workpiece materials: Al6061, tool: single crystal diamond, excitation frequency in EVC: 18kHz, cutting depth: 15 μm , path interval between grooves: 23 μm , cutting speed: 10mm/s)

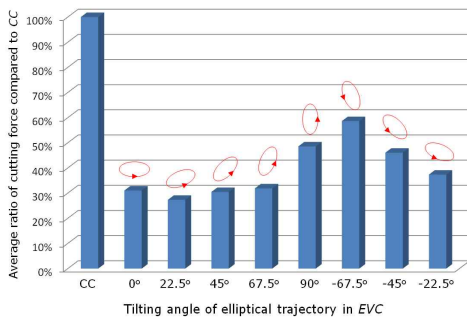


Fig. 3 Average ratio of cutting force in EVC compared to conventional cutting(CC) according to the tilting angle of elliptical trajectory (workpiece : Al6061, tool: SCD, excitation frequency: 18kHz)

4. 결론

2개의 피에조 액추에이터에 위상차를 가진 정현파 전압을 공급하여 절삭공구에 2차원 타원궤적을 생성시켰으며, 전압의 크기와 두 전압간 위상차를 변화시켜 생성되는 타원궤적의 장축과 절삭방향과의 각도를 다양하게 변화시켰다. EVC 공정일 때 가장 효율적인 공구궤적의 기울기 각도를 구하기 위하여 두랄루민 재료를 V-홈 가공한 결과, 타원궤적의 장축과 절삭방향이 평행한 일반적인 EVC 궤적일 때보다 타원궤적이 절삭방향과 양의 방향으로 20~30° 기울어졌을 때 절삭저항이 가장 작았으며 가공정밀도도 가장 좋은 것으로 나타났다.

후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2011-0004098).

참고문헌

- Shamoto, E. and Moriwaki, T., "Study on Elliptical Vibration Cutting," Annals of the CIRP, Vol. 43, pp.35-38, 1994.
- Moriwaki, T. and Shamoto, E., "Ultrasonic Elliptical Vibration Cutting," Annals of the CIRP, Vol. 44, pp.31-34, 1995.
- Brehl, D. E. and Dow, T. A., "Review of vibration-assisted machining," Precision Engineering, Vol. 32, No. 3, pp.153-172, 2008.
- Kim, G. D. and Loh, B. G., "Characteristics of Elliptical Vibration Cutting in Micro V-grooving with Variations of Elliptical Cutting Locus and Excitation Frequency," Journal of Micromechanics and Microengineering, doi:10.1088/0960-1317/18/2/025002, 2008.
- Kim, G. D. and Loh, B. G., "Direct Machining of Micro patterns on Nickel Alloy and Mold Steel by Vibration Assisted Cutting," International journal of precision engineering and manufacturing, Vol. 12, No. 4, pp. 1-6, 2011.