

평삭에 의한 대면적 미세패턴 금형 가공기술 연구

A study of the manufacturing technology for micro pattern mold of large area using planing method

*#제태진¹, 최두선¹, 유영은¹, 홍성민¹, 이응숙¹, 황경현¹

*#T. J. Je(jtj@kimm.re.kr)¹, D. S. Choi, Y. E. Yoo, S. M. Hong, E. S. Lee, K. H. W
한국기계연구원 나노공정장비 연구센터¹

Key words : large area micro pattern machining, cutting process

1. 서론

최근 LCD의 핵심 부품 중의 하나인 BLU의 도광판과 같은 디스플레이 기기 부품을 비롯하여 많은 응용 제품에서 표면에서의 기계적 특성이나 광학적 특성의 개선을 위해 마이크로 혹은 나노크기의 다양한 패턴에 대한 수요가 증가하고 있다. 또한 대 면적화, 경량화, 고 화질화 및 저 가격화와 같은 세계 디스플레이 기술 개발의 방향에 대한 대응을 위해서는 대면적 미세 패턴 가공/금형 기술 및 성형 기술의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 한국기계연구원에서 개발한 대면적 미세형상 가공기를 이용하여 기초실험을 수행 하여 소재 및 가공조건 변화에 대한 가공면 분석을 근거 하여 400×400 mm² 대면적 황동 소재에 다양한 형상의 미세형상 패턴 금형을 제작하였다.

2. 실험 장치 구성

Fig. 2.1은 한국기계연구원에서 개발한 대면적 가공기로서 기본 X, Y, Z, C의 4축구동이 가능하고 직선 이송용 모터로는 coreless linear motor를 사용하고 있다. 가공기의 정밀도, 구조의 고 강성화 및 컴팩트화 등을 고려하여 각축 축용 베어링은 유·정압 베어링이 사용되었다. Z축에 공구동력계를 부착하여 실시간으로 가공 절삭력을 측정 할 수 있게 하였다. 가공영역은 X, Y축 stroke는 550mm, Z축은 110mm의 stroke를 갖는다. 분해능은 5nm 이하이며 그 외의 장치 제원은 Table 2.1에 나타내었다.

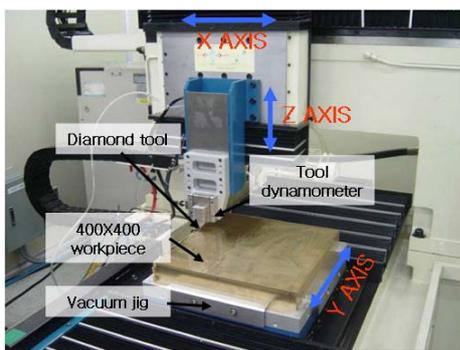


Fig. 2.1 Large area machining system - KIMM

Table 2.1 Specification of experimental setup

Item	Specification	
Size	1,300 mm×1,800mm× 2,200mm	
C axis	Feedback	Encoder, Accuracy 2"
	Accuracy	0.3μm(straight), 0.1μm(Pos. rep)
X axis	Feedback	Laser scale, resolution 1nm
	Accuracy	0.3μm(straight), 0.1μm(Pos. rep)
Y axis	Feedback	Laser scale, resolution 1nm
	Accuracy	0.2μm(straight), 0.1μm(Pos. rep)
Z axis	Feedback	Laser scale, resolution 1nm

3. 가공실험 및 결과

3.1 평탄화 가공 실험

기초 가공실험으로 평탄화 가공실험을 수행하였다. 먼저 스테이지에 소재를 장착하고 다이얼게이지를 이용하여 아래 Fig. 3.1과 같이 소재 높이 편차를 구하였으며 이중 최저점을 기준으로 약 2um를 절입하여 R10(mm)의 다이아몬드 공구를 이용하여 평탄화 가공을 하였다.

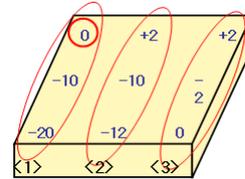


Fig. 3.1 Result of flatness measurement for large area workpiece on loading

Fig. 3.2는 가공결과로 소재 각 영역에서의 절삭력을 측정된 것으로 위의 비 절삭면 높이 편차에 따라 절삭력이 다르게 나타나는 것을 보인다.

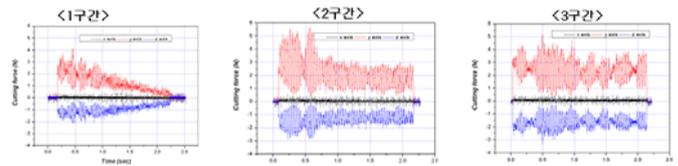


Fig. 3.2 Graphs of cutting force for each position on workpiece

아래 Fig. 3.3은 실제 평탄화 가공을 한 소재이며 실제 거칠기를 측정된 결과 Ra가 약 100~500 nm로 나타났으며 이는 R10(mm) 공구를 이용한 이론 표면 거칠기 30 nm에 비해 훨씬 큰 것을 볼 수 있다.

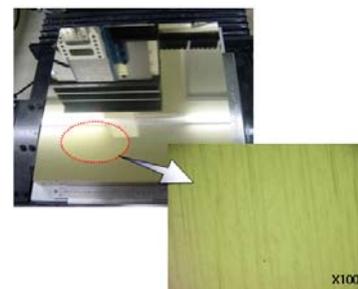


Fig. 3.3 Machining surface after flatness using R10(mm) shaping tool

3.2 소재 별 가공 특성

400(square)mm 크기의 주조와 압연 황동 소재에 90° 다이아몬드 공구를 이용하여 절삭깊이를 증가시키면서 가공면 상태를 분석하였다. 상세한 가공 조건은 Table 3.1에 나타내었다.

Table 3.1 Cutting condition of prism pattern

Cutting tool	90° diamond tool
Cutting speed	5000, 10000, 12000 mm/min
Dwell time	1s
Cutting depth	dp1=0.5, dp2=2.5, dp3=25 μm/pass
Workpiece	(400 × 400mm ²) 6:4 brass

가공결과 Fig. 3.4와 같이 절삭 깊이를 증가시키에 따라 가공 경계 부에 더 많은 버가 발생하였으며 소재상으로는 절삭 속도는 약간 다르나 비교해볼 때 압연 소재에 비해서 주조 소재의 가공면이 우수한 것을 볼 수 있다.

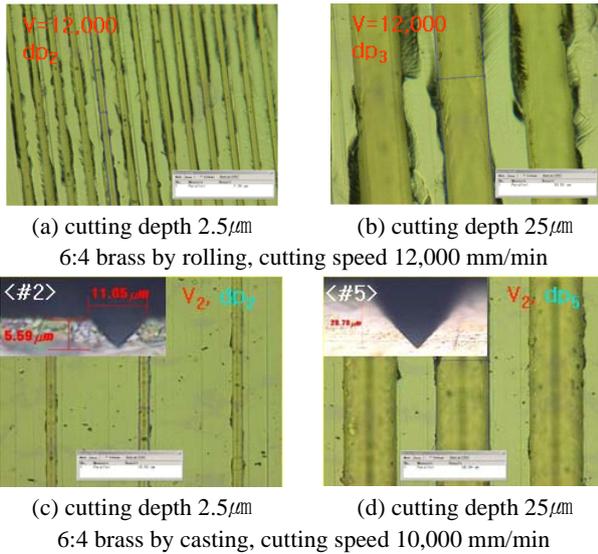


Fig. 3.4 Comparison of machining surface for each workpiece

두 소재에 대한 가공 상태 차이의 원인 분석을 위해 조직 분석을 한 결과 Fig. 3.5에서와 같이 주조소재는 비교적 빠른 냉각 시간에 의해 Zn이 alpha 조직내에 고용된 것으로 보이고 압연 소재는 rolling에 의해서 alpha조직이 길게 늘어져 있는 것을 볼 수 있으며 가공 시 alpha 조직들이 병합하기도 하여 작은 조직들이 합쳐져 큰 가공 조직을 형성하기도 하는데 Fig. 3.5는 전형적인 가공조직임을 알 수 있다. 압연소재의 경우 rolling에 의한 1차 가공으로 인해 소재 내부에 응력이 쌓여 잔류응력이 형성되고 이것이 2차 절삭 가공 시 가공표면으로 표출되어 가공면 상태가 좋지 않았던 것으로 판단된다.

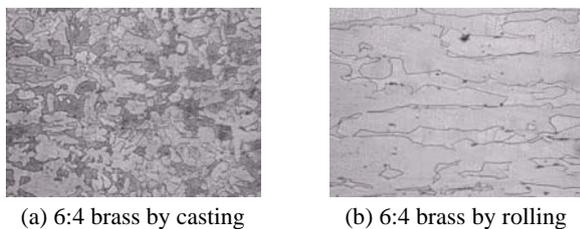


Fig. 3.5 Comparison of deformed structure

3.3 시험용 미세패턴 금형 가공 실험

앞서 기초 가공 실험을 바탕으로 압연소재의 400×400 mm² 에 미세 패턴금형 코어를 제작하였다. 패턴 형상은 V형 U형 □형 세가지이며 Table 3.2에서와 같이 공구 형상별 패턴 사이즈를 다르게 하였으며 Fig. 3.6은 가공된 금형 코어로 사출시 전사성 분석을 위하여 세 구역에 같은 패턴을 가공하였다.

Fig. 3.7은 가공 결과로 각 패턴의 가공면 상태는 양호하나

전체적으로 가공 경계부에 많은 버가 발생했음을 알 수 있다.

Table 3.2 Cutting condition and pattern size for each tool

공구형상	A. 패턴 사이즈	B. 패턴 사이즈	C. 패턴 사이즈
	 Cutting depth : 15μm × 1회 + 3μm × 1회	 Cutting depth : 15μm × 1회 + 3μm × 1회	 Cutting depth : 15μm × 1회 + 3μm × 1회
	 Cutting depth : 15μm × 1회 + 3μm × 1회	 Cutting depth : 15μm × 1회 + 10μm × 2회 + 3μm × 1회	 Cutting depth : 15μm × 1회 + 10μm × 1회 + 3μm × 1회
	 Cutting depth : 15μm × 1회 + 10μm × 1회 + 3μm × 1회	 Cutting depth : 15μm × 1회 + 10μm × 2회 + 3μm × 1회	 Cutting depth : 15μm × 1회 + 10μm × 2회 + 3μm × 1회

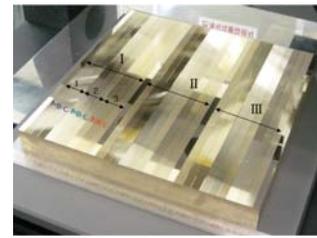


Fig. 3.6 Micro patterned mold

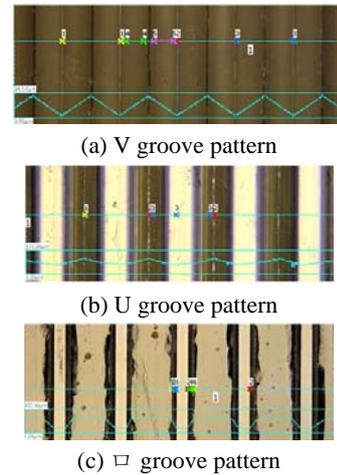


Fig. 3.7 Machining surfaces for each pattern

4. 결론

본 연구를 통하여 KIMM에서 개발한 대면적 가공기의 기초적 성능 시험과 더불어 황동 소재의 특성에 따른 가공성을 분석하고 이를 통하여 400×400 mm² 크기의 시험용 미세 패턴 금형을 제작하였다.

후기

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 차세대 신기술 개발사업 중 한국기계연구원이 주관하고 있는 대면적 미세형상의 초정밀/지능화 가공원천기술 개발의 세부과제로서 수행중이며 이에 관계자 여러분께 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

- Je, T.J., Choi, D.S., "Develop. of a Micro Machine Tech. for Fab. Of Micro parts," Key Eng. Mat., 2003
- Jian G S., Koichi O., Toshimichi M., "Study of ultraprecision orthogonal microdiamond cutting of single-crystal copper" JSME International journal Series C, Vol. 36, No. 3, pp. 400~406.