

미세 엔드밀을 이용한 마이크로 격벽 가공기술 연구

이선우*, 민승기(충남대학교 대학원), 제태진, 이응숙, 최두선(한국기계연구원), 이동주(충남대학교 기계공학과)

A study on the micro barrier rib machining using micro endmilling

S. W. Lee, S. K. Min(Chung-nam Univ.), T. J. Je, E. S. Lee, D. S. Choi (KIMM), D. J. Lee(Chung-nam Univ.)

ABSTRACT

Ultraprecision machining process and MEMS technology have been taken more and more important position in machining of micro parts such as PDP and IT components, as the application field of micro parts increases. A micro machining center is very effective equipment for the fabrication of micro parts, because of its benefits such as lower power consumption, high precision and lower machining cost. Therefore, we study the possibility of application to the micro machining of barrier ribs used in PDP and also analyse the machining characteristics. The fabricated barrier rib has 30~200 μ m pitch and was made by the flat endmill with the diameter of 0.2mm, 40,000rpm condition.

Key Words : Ultra-precision machine tools(초정밀 공작기계), Micro groove(미세홈), Barrier rib(격벽), Plasma display panel(플라즈마 디스플레이 패널:PDP)

1. 서론

사회 각 분야의 첨단산업과 관련하여 광학렌즈, 통신, 전자 및 반도체부품 등에서 소형화, 정밀화, 고품위화가 현재 요구되고 있다. 이러한 미세형상부품 중 고세장비의 다중 미세 구조물 제품, 복잡형상의 마이크로 채널, 도파로, PZT 센서, 필터, PDP등은 그 구조가 격벽구조로 되어 있다. 특히, PDP (Plasma Display Panel) 격벽은 그 제조회사별로 차이를 보이거나 대략 40" VGA급 PDP의 경우 폭 80 μ m, 격벽간격 280 μ m, 깊이 150 μ m의 구조이다. 이러한 격벽의 기존 제조 공정으로는 샌드 블라스팅법(Sand Blasting), 스크린 프린팅법(Screen Printing), 감광성 유리법(Photosensitive glass), LIGA, Wire EDM등이 있다. 이러한 가공법의 단점은 기계적인 절삭가공에 비하여 가공 공정의 복잡화, 재료의 비효율성, 많은 가공비용, 과도한 소요시간등의 면에서 불리하다.¹⁾

위에서 언급한 PDP 격벽의 수치오더는 기계적인 절삭가공으로도 충분히 가공이 가능하며, 따라서 최근에는 미세부품의 가공에 적용가능한 기계적 절삭가공법의 개발 및 초정밀 미세가공기의 제작에 많은 초점이 모아지고 있는 추세이다.^{2,3)}

본 연구에서는 미세절삭가공에 의한 미세 격벽구

조물의 제작을 목표로 하였으며, 직경 200 μ m의 Micro endmill을 사용하여 두께 200, 100, 50, 30 μ m의 미세 격벽가공과 이 중 30 μ m의 격벽가공시 문제되는 Feed와 Depth에 대한 조건별 가공실험, Feed가 표면거칠기에 미치는 영향등에 대하여 실험을 수행하였다.

엔드밀을 이용한 미세격벽구조물의 제작에 있어서 고려되어야 할 여러 가지 변수들을 살펴보면, 미세 tool의 정확한 고정(Tooling), 가공시 발생하는 공구 및 공작물의 chatter, 가공면의 품질, 과도한 절삭힘의 영향, 외부에서 오는 요인등이 있으며, 이 중 Tooling의 문제는 작업자에게 가장 큰 문제점이 되고 있다.⁴⁾ 본 연구에서 이러한 문제점의 해결을 위한 실험과 그 결과를 고찰해 보았다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 실험 장치

미세 구조물의 부품을 가공하기 위하여 구성된 미세가공 시스템의 구성을 Fig. 1에 나타내었고, 실제 제작된 시스템의 모습은 Fig. 2에서 보여준다.

시스템의 사양은 Table 1과 같으며 그 구성은 X-Y-Z의 3축에 Turning 축이 좌측에 붙어있는 4축 제어형의 머시닝센터이다. Z축은 고정공구와 회전형

공구의 교차 사용이 가능하며 본 연구에서는 회전형 공구인 Endmill을 사용하였다. 시스템의 제어는 PC 기반의 8축제어형인 PMAC board를 사용하였다.

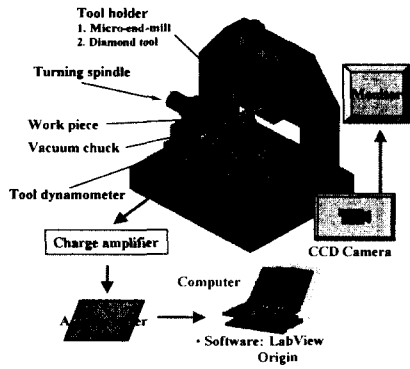


Fig.1 Schematic of experimental equipment



Fig. 2 Photograph of micro machining system

Table 1 Specification of micro-machining system

Item	Unit	Specifications
Distance	X/Y/Z axis	mm 200×200 × 100
Milling main spindle	Turning speed	Rpm Max 60,000
	Tool dimension	mm 0.1 ~ 6.0
Turning main spindle	Turning speed	Rpm Max 6,000
	Turning rate	μm : <0.05, Axis:<0.05
Table	Strength	N/ μm Radius:190, Axis:520
	Size	mm 220 × 220
Feed rate	Allowable weight	N 890
	X/Y axis	mm /min Max. 45,000 mm/min
Straightness	Z axis	mm /min Max. 45,000 mm/min
	X axis	μm Horizontal : <0.5, Vertical:<0.6
	Y axis	μm Horizontal : <0.5, Vertical :<0.6
Strength	Z axis	μm Horizontal :0.0025, Vertical :0.0025
	X/Y/Z axis	$\mu\text{m}/\text{mm}$ Horizontal : <120, Vertical :250
Repeated precision	X/Y/Z axis	μm <0.1

2.2 공구 및 피삭재

실험에 사용된 공구는 Fig.3에서와 같이 Carbide flat endmill로서 날이 2개, 직경이 200 μm , 날장이 400 μm 이다.

Table 2에는 공구의 개략적인 특성에 대하여 나타내었다.

Table 2 Specification of micro endmill tool

Helical angle	30°
Number of edge	2 EA
Dia of mill (d_1)	200 μm
Length of cut (l_2)	400 μm

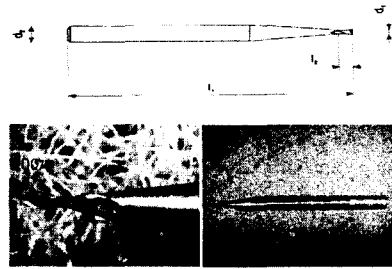


Fig.3 Carbide endmill tool

Fig. 4는 실험에 사용된 6:4 황동소재이며, Table 3에 기계적 성질 및 화학적 성분표를 나타내었다.

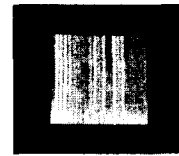


Fig. 4 Workpiece(6:4 Brass)

Table 3 Mechanical properties and chemical compositions of workpiece Brass 6:4

Symbol	Composition(%)	Tensile Strength (Kg/mm ²)	Elongation (%)
BsC3	Cu 62-66 Zn, Pb2.5, Sn 1.0	Fe, Ni, Mn, Al	18 over 18 over

2.3 실험 방법

200 μm , 100 μm , 50 μm , 30 μm 의 미세격벽구조물을 가공하기 위하여 ϕ 200 μm 의 Flat endmill공구를 사용하였고, 사각홈을 가공함으로써 미세격벽이 생성되도록 가공실험을 하였다.

먼저 하나의 Program 안에 20회의 가공 루프를 반복 수행하도록 하여, 절입 10 μm 씩 200 μm 까지 가공

하도록 Programing 하였다. Fig. 5은 가공원리를 모식적으로 보여주고 있다.

Table 4에 가공조건들에 대하여 나타내었다.

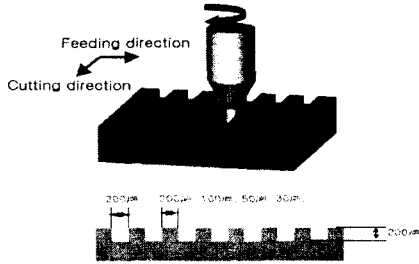


Fig. 5 Geometrical cutting profile

Table 4 Cutting conditions

Cutting tool	Carbide end mill (ϕ 0.2mm)
Spindle revolution	40,000 rpm(25m/min)
Feed rato	5, 2, 0.5 mm/sec
Depth	10, 20, 30 μ m/pass (Total depth 200 μ m)
Pitch	200 μ m, 100 μ m, 50 μ m, 30 μ m
Cutting oil	kerosene

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 격벽 형상 분석

Fig. 6은 두께가 다른 각각의 격벽을 가공한 현미경 사진이다. 그림에서와 같이 50 μ m의 격벽까지는 매우 양호한 형상을 보이고 있다. 그러나 30 μ m의 경우에는 그 끝단이 매우 날카롭고 공구의 진행 반대 방향으로 눕는 현상이 나타난다. 그 원인을 살펴보면 Tooling 시에 공구의 척과 소재와의 수직이 맞지 않아 발생하는 현상과, 절삭중에 발생하는 Trust force에 의해 절입이 반복될수록 얇은 벽이 그 힘을 버티지 못하고 눕는 현상등으로 생각해 볼 수 있다.

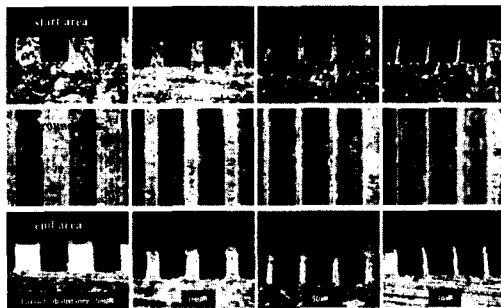


Fig. 6 Micro barrier rib by each pitch

3.2 높이에 따른 격벽형상

높이에 따른 격벽의 휨 정도를 알아보기 위하여 각각의 높이에 따른 30 μ m의 격벽을 공구를 바꾸어 다시 가공실험하여 보았다. Fig. 7은 격벽의 높이가 100, 150, 200 μ m일 때의 결과를 각각 보여주고 있다. Burr의 영향을 배제한다면 앞의 실험에 비하여 격벽의 휨 발생이 거의 없고, 그 형상이 매우 양호함을 볼 수 있다. 이러한 차이를 보이는 이유는 Tooling의 문제로 보이며, 공구를 척에 정확히 고정하는 것이 격벽의 형상정밀도에 얼마나 중요한 요인인지를 보여주고 있다.

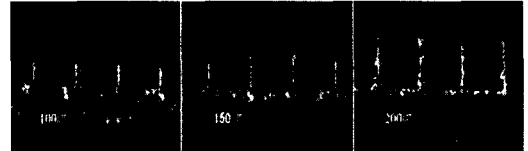


Fig. 7 Barrier rib shape as height

3.3 절입조건에 따른 영향

절입량에 따른 차이점을 고찰해 보기 위해 30 μ m의 격벽을 Feed 0.5mm/sec, 절입조건을 10 μ m, 20 μ m, 30 μ m씩 변화하여 Total 200 μ m 깊이로 가공하였다. Fig. 8은 그 가공 결과를 보여주는 것으로 Burr의 영향을 배제한다면 절입조건이 20 μ m일 때가 다른 절입조건에 비하여 격벽의 휨정도가 적고 그 형상이 양호함을 알 수 있다.

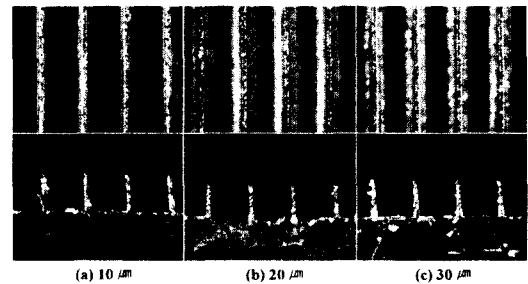


Fig. 8 Barrier rib shape as depth of cut

3.4 Feed에 따른 영향

Feed의 변화에 따른 영향을 고찰해 보기 위해 절입량 20 μ m, Feed 5, 2, 0.5mm/sec의 속도 변화를 주어 30 μ m의 격벽형상을 가공하였다. Fig. 9를 보면 절삭속도의 변화가 격벽의 형상에 미치는 영향은 거의 없고, 절삭속도가 작아짐에 따라 끝단 Burr의 발생이 증가됨을 알 수 있다. 바꾸어 말하면 이송속도가 작을수록 Burr의 발생이 억제되는 것만은 아님을 보여준다.

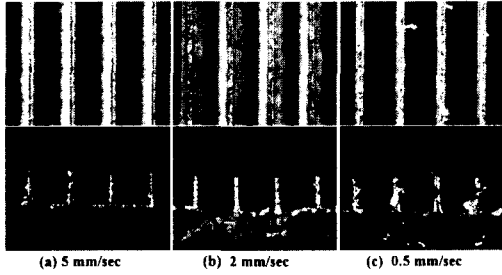


Fig. 9 Barrier rib shape as feed rate

3.5 Feed에 따른 표면거칠기

Fig. 10은 공구가 지나간 바닥면과 격벽의 측면을 확대한 것으로 Feed 10, 5, 2mm/sec에 대한 공구궤적을 보여준다. Feed가 작을수록 공구궤적이 조밀해짐을 보여준다.

Fig. 11은 각각에 대한 표면거칠기를 측정한 결과로 바닥면과 측면 모두 Feed가 작을수록 표면거칠기 값이 향상됨을 알 수 있다. 특히 Feed를 2mm/sec로 하여 가공할 경우 Ra 30nm까지 도달 할 수 있었으며 이러한 가공면의 품위는 거의 경면과 비슷한 수준에 이른다.

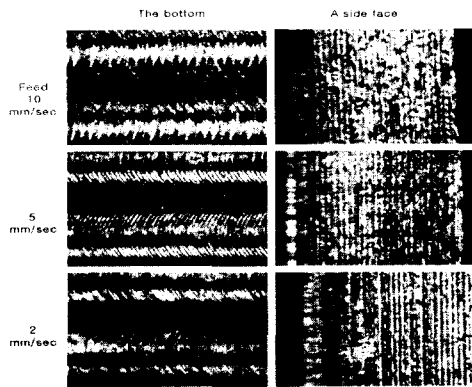


Fig. 10 Tool patch about the bottom and a side face

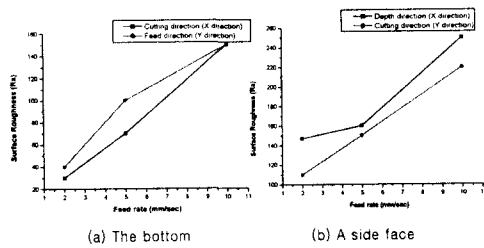


Fig. 11 Surface roughness

4. 결론

본 논문에서는 PDP등과 같은 미세격벽구조물의 미세형상부품을 미세절삭가공에 의하여 제작하고자 $\phi 200\mu\text{m}$ 의 엔드밀을 사용하여 가공실험을 수행하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) $\phi 200\mu\text{m}$ 의 엔드밀을 사용하여 최소폭 $30\mu\text{m}$, 깊이 $200\mu\text{m}$, 격벽 사이간격 $200\mu\text{m}$ 의 미세격벽 가공이 가능하였다.
- 2) $\phi 200\mu\text{m}$ 의 엔드밀을 사용하여 황동소재에 $30\mu\text{m}$ 의 격벽을 가공하였다. 이때 가장 좋은 결과를 얻을 수 있는 가공 조건은 주축 40,000rpm, Feed 2 mm/sec, 1회절입량 10~20 μm 사이였다.
- 3) 기계적인 절삭가공법에 의한 미세격벽가공시 공구의 Tooling이 기타 다른 영향에 비하여 격벽의 형상 및 정밀도에 매우 큰 영향을 주게 됨으로 이에 대한 대책이 요구된다.

후기

본 논문은 과학기술부와 산업자원부 주관의 차세대 신기술사업인 Milli-Structure 사업 수행 결과의 일부를 밝힙니다..

참고문헌

1. 조인호, 정상철, 정해도, 손재혁, "PDP 격벽 성형용 몰드 제작과 성형에 대한 연구", 한국정밀공학회지, Vol. 18, No. 5, May 2001.
2. 이용숙, 채태진, 최두선, 강재훈, 신영재, 이현용, "미세 형상 금형 가공기술 개발", 제2회 Milli-Structure 생산기술개발 Workshop, pp175-185, Aug. 2001.
3. 이용숙외, "미세 금형 가공기술 개발 1단계 2차년도 보고서", 산업자원부, Aug. 2001.
4. I. Tansel, O. Rodriguez, M. Trujillo, E. Paz, W. Li, "Micro-end-milling- I II III.", International Journal of Machine Tools & Manufacture 38 1419-1436, 1998.