

## Powder Blasting 을 이용한 미세 포켓가공

박경호\*, 최종순, 김광현 (인천대 대학원 기계공학과), 박동삼(인천대 기계공학과)

### Micromachining of Pocket by Powder Blasting

K. H. Park\*, J. S. Choi, K. H. Kim, D. S. Park (Mechanical Eng., University of Incheon)

#### ABSTRACT

The mechanical etching technique has recently been developed to a powder blasting technique for various materials, capable of producing micro structures larger than 100 $\mu$  m. This paper describes the performance of powder blasting technique in micro-pocketing of stainless steel and the effect of the number of nozzle scanning and the nozzle height on the depth and width of pockets. Experimental results showed that increasing the no. of nozzle scanning and decreasing the nozzle height resulted in the increase of depth and width in pockets. Increase of width results from wear of mask film.

**Key Words** : Powder Blasting(미립분사가공), Micromachining(미세가공), Pocket(포켓), Abrasive(적립)

#### 1. 서론

최근 IT 와 BT 로 대표되는 산업분야에서 반도체 용 부품, 마이크로머신용 부품 및 바이오 센서 등의 각종 미세부품에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 이를 위하여 세라믹이나 유리 및 특수 재질에 대한 미세가공기술이 절실히 요구되고 있다.

미세가공(micromachining)을 위한 연구가 국내에서도 활발히 진행되고 있는데 최근 미세가공의 기술개발 동향과 몇몇 응용 사례들이 소개되기도 하였으나 아직 연구 초기 단계라 할 수 있다.

파우더 블라스팅(powder blasting) 혹은 미립분사가공(micro abrasive jet machining)은 고압의 가스에 의하여 가속된 미소 입자들을 노즐로부터 고속으로 분사하여 입자들의 충격력에 의하여 재료를 가공하는 기계적 가공방법이다. 이와 유사한 가공방법으로서 샌드 블라스팅(sand blasting)이 오래 전부터 사용되어져 왔는데 주로 페인트의 제거, 스케일 제거, 버제거 등의 표면세정이나 표면 다듬질 및 유리 장식품 가공 등의 비교적 거친 가공 용도로 사용되어져 왔다

최근 여러 종류의 평판 디스플레이 등이 개발됨에 따라 수십 혹은 수백  $\mu$ m 단위의 구조물 성형을 위한 고정밀도의 기계적 에칭(mechanical etching) 기법이 연구되고 있는데 파우더 블라스팅 기법이 아

주 효율적 방법으로 인식되기 시작했으며 연구 또한 활발히 진행되고 있다. [1]~[5]

본 연구에서는 미소 포켓(micro pocket)의 사출성형 금형을 가공하는 것을 목적으로 하여 파우더 블라스팅 가공법을 도입하여 일반적으로 많이 사용되는 금형 소재인 스테레스 강을 대상으로 미세 포켓을 기계적으로 에칭하는 기법을 개발하고자 한다. 파우더 블라스팅시의 공정제어 변수들이 형상의 정밀도나 형상성형 과정에 큰 영향을 미치게 되는데 본 연구에서는 그러한 공정 변수들 중에서도 노즐의 피가공물에 대한 높이와 주사 횟수가 형상성형에 미치는 영향을 분석하였다

#### 2. 파우더 블라스팅의 가공기구

파우더 블라스팅은 일반적인 분사가공(abrasive jet machining)의 기구와 동일하나 약 100  $\mu$ m 이하의 미소 형상을 가공한다는 점과 사용되는 분사재의 크기가 100  $\mu$ m 이하라는 측면에서 일반적 분사가공과 구별된다.

파우더 블라스팅은 고속의 공기나 가스에 의하여 가속된 수  $\mu$ m~수십  $\mu$ m의 미세적립(micro abrasive)들이 80~200m/s 의 고속 고밀도로 시편에 충돌되면서 미세가공을 하는 것으로 기계적 에칭(mechanical etching)의 한 가공법이다. Fig 1 은 파우더 블라스

팅의 기본 가공원리를 나타낸 것으로 피삭제가 마스크(mask)로 덮여있는 상태에서 노즐의 전후 혹은 좌우 주사(scanning)에 의하여 가공이 이루어지게 된다. 이때 피삭제는 마스크의 형태에 따라서 가공이 이루어지므로 복잡한 형상이나 아주 작은 형상도 쉽게 가공할 수 있다.

가공조건 변수로는 분사압력, 분사속도, 저립의 재질과 크기, 저립의 밀도, 노즐의 주사속도나 주사횟수, 노즐과 피삭제 사이의 거리 등이 있으며 가공의 정밀도와 가공능률 향상을 위해서 적절한 조건을 선택하지 않으면 안된다.

또한, 기본적으로 이 가공법은 각각의 미세저립의 충돌에 의한 미세가공이 집적된 형태이기 때문에 칩핑이나 크랙 및 열발생이 적으므로 유리나 세라믹, 실리콘 및 수정 등 경취재료의 정밀 미세가공에 아주 적합한 가공방법이다.

한편, 파우더 블라스팅의 경우 대부분은 가공물에 마스크를 입히는데 이 과정을 마스크링 공정이라고 하며 라미네이팅(laminating), 노광(exposure) 및 현상(develop)의 3 공정으로 구성된다.

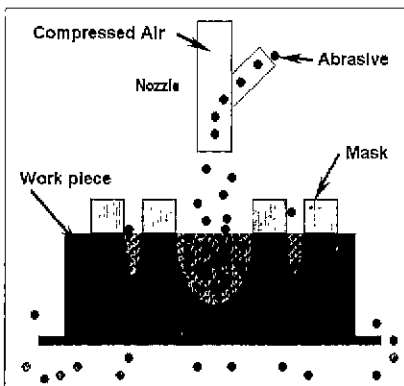


Fig. 1 Mechanism of powder blasting

### 3. 실험장치 및 방법

#### 3.1 마스크링 및 장치

마스크링 공정에서 사용된 노광기는 한국의 Young Hwa 에서 제작한 YH-70908K 이며 라미네이터는 동회사의 YH-6300TCL 이다.

라미네이팅시 시편과 필름의 부착을 원활히 하기 위해 오븐기를 사용하여 재료를 충분히 가열시켰다. 마스크링 필름은 일본 오닐사의 BF-400 계열을 사용하였다. 라미네이팅된 시편을 각각 50, 100, 150, 200  $\mu\text{m}$  의 정사각형 형상을 가진 마스크 필름을 노광기에 놓고 평행 UV 를 조사시켰다. 이때 조사된 노광량은 95mj 였으며 노광기의 전압은

40~60V 로 유지시켰다. 노광이 완료된 시편은 증류수와 희석된 5%의 탄산나트륨의 현상액에서 현상을 실시하였다. 현상이 완료되면 Soft baking 을 실시하여 현상된 필름이 경화되도록 한 후 세정액에 한 번 더 세척하여 최종 시편을 제작하였다.

#### 3.2 시편

실험을 위한 가공 시편의 재질은 SUS304 를 사용하였으며 현상까지 완료된 시편의 최종 형상을 공구현미경으로 촬영한 결과 Fig. 2 와 같이 나타났다.

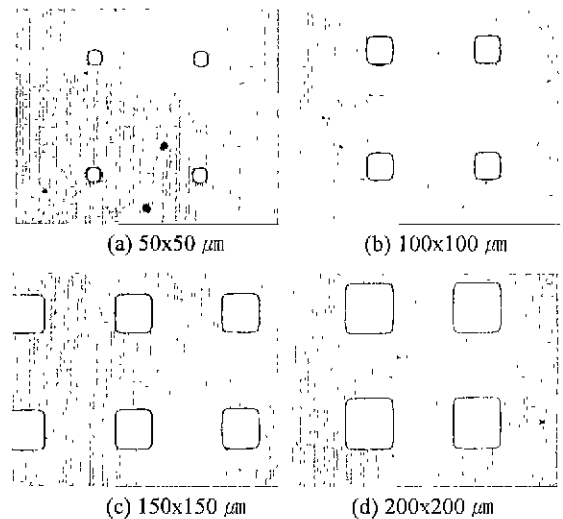


Fig. 2 Masking patterns for pocket (X100)

#### 3.3 가공 및 형상 계측 장치

실험에 사용된 파우더 블라스팅 장치는 일본 Sinto 에서 제작된 MB-1 모델이다.

마스크링 상태 및 포켓가공 후의 전체적인 형상분석을 위하여 공구현미경(Leica)을 사용하였다. 공구현미경에 CCD 카메라를 부착하여 관찰된 형상은 Data translation 사의 DT3153 화상처리보드를 통하여 PC 에 입력하였으며 이를 이용하여 최종 형상 및 크기들을 분석하였다.

또한, 형상의 미세측정을 위하여 광학식 3 차원 형상측정기(WYKO NT-1000)를 사용하였으며 형상분석을 위한 프로그램은 WYKO Vision 32 를 사용하였다. SEM 사진은 JEOL JSM- 5200 Scanning microscope 를 이용하여 촬영하였다.

또한, 형상 측정시 측정의 정밀도 및 정확성을 유지하기 위해서 항온항습실 (20 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C, 습도 36%) 에서 측정을 실시 하였다.

#### 3.4 가공방법 및 조건

마스크링이 완료된 시편에 대하여 노즐의 주사횟수

와 시편과 노즐사이의 거리를 변화시키며 ‘ㄷ’자 경로로 노즐을 주사하며 가공을 하였다. 사용된 분사재는 GC(Green Carbide) 이다. 파우더 블라스팅을 위한 가공조건은 Table 1 에 나타내었다.

Table.2 Parameters for powder blasting

Abrasive	GC #800
Nozzle Diameter	8mm
Nozzle X speed	50mm/s
Nozzle Y speed	100mm/s
X pitch	5mm/s
Number of scanning	3,5,7,10,13,15,20,25
Nozzle height	100, 65

#### 4. 실험결과 및 분석

##### 4.1 포켓의 형상

가공된 포켓의 형상을 350 배로 촬영한 SEM 사진을 Fig. 3 에, 광학식 3차원 형상 측정기를 이용한 3차원적 형상을 Fig. 4 에 나타내었다.

Fig. 3 에서 알 수 있는 것은 원래 가공목표 형상이 정사각형 포켓이었으나 가공 결과를 보면 진직성을 갖는 모서리 가공이 어렵다는 점으로 이는 Fig. 2 에 나타난 마스킹 결과들도 정확한 진직 변이 나타나지 않은 사실에 기인한다고 판단되는데 이로 부터 정확한 형상 가공을 위해서는 마스킹의 정밀성이 우선적으로 요구된다 하겠다.

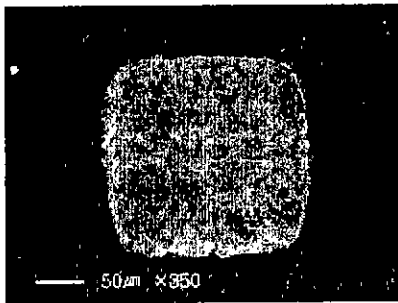


Fig. 3 SEM photographs of pocket (x350)

Fig. 4 의 3 차원 형상을 보면 모서리부에서 미세한 버가 발생하고 있음을 알 수 있는데 이는 블라스팅 가공시 마스킹 필름의 경계부에서 가공부위가 위로 돌기됨에 따라 생기는 버라는 것을 SEM 사진을 통하여 확인 할 수 있었다.

또한, Fig. 5 는 가공된 포켓의 X 방향과 Y 방향의 단면의 형상을 본 것으로 포켓의 형상은 전체적으로 U 자 형태임을 알 수 있다. 단면 형상 측정 결과에서도 모서리부에서 미소하나마 버가 존재하고

있다는 것을 알 수 있다.

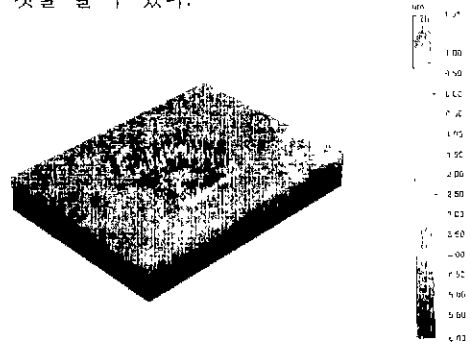


Fig.4 Three-dimension view

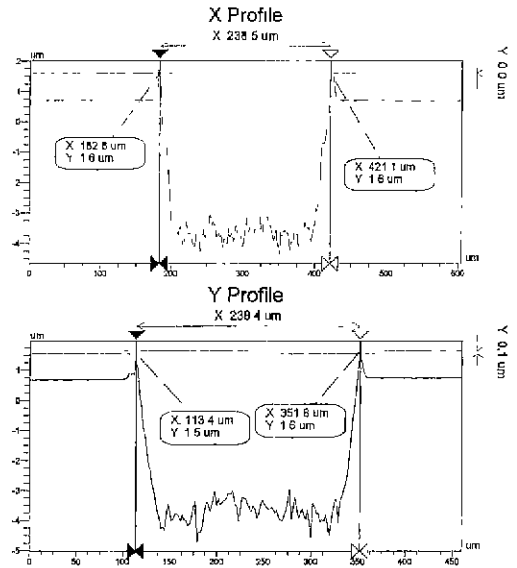


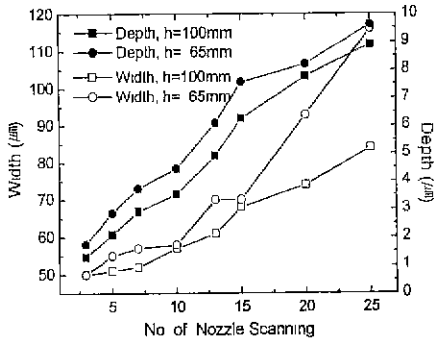
Fig. 5 X,Y profile of pocket

##### 4.2 노즐 분사 횟수의 영향

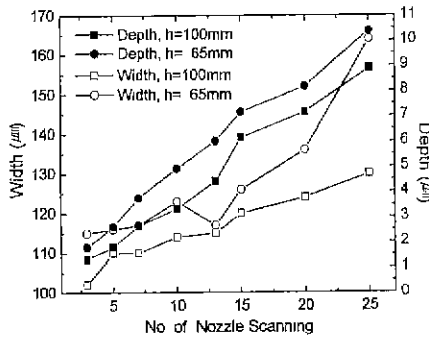
노즐분사 횟수와 노즐의 높이가 가공된 포켓의 폭과 깊이에 미치는 영향을 Fig. 6 에 나타내었다. 노즐의 분사횟수가 증가할수록 가공 폭과 가공 깊이가 증가하는 경향을 보여주고 있는데 가공깊이의 경우 분사횟수에 거의 비례하여 증가하며 반면에 가공 폭은 노즐 주사횟수가 15 회를 넘으면서 크게 증가한다. 그런데, 가공 깊이는 폭에 비해서는 그렇게 양적으로 많이 증가하지는 않는다는 것을 알 수 있다. 주사횟수의 증가에 따른 가공 폭의 증가는 전적으로 마스킹 필름의 경계부 마멸에 기인한다.

##### 4.3 노즐 높이에 따른 변화

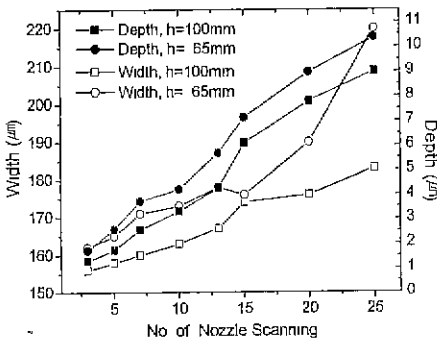
Fig. 6 에서 노즐의 높이가 65mm 일때가 보통 100mm 일때 보다는 더 많은 가공량을 볼 수가 있다. 노즐의 주사를 25 회까지 할 때 가공 폭은 노즐의 높이가 65mm 일 때 마스킹 상태의 폭에 상관



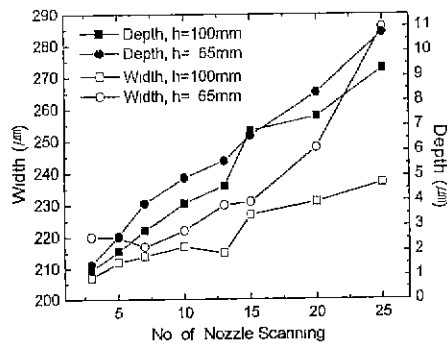
(a) □50 μm



(b) □100 μm



(c) □150 μm



(d) □200 μm

Fig. 6 Effect of no. of nozzle scanning and nozzle height on depth and width of pocket

없이 약 65~80 μm伊 증가하고 노즐높이가 100mm 일 때에는 약 30~35 μm伊 증가한다. 또한, 가공 깊이는 각각 9.5~11 μm, 9~9.5 μm로 나타났다.

## 6. 결론

파우더 블라스팅을 이용한 미세 포켓 가공시 노즐 높이와 노즐 주사횟수가 가공형상에 미치는 영향을 분석한 결과 다음과 같은 결론은 얻었다.

- (1) 한 번이 각각 50, 100, 150, 200 μm인 정사각형 포켓 형상 가공이 가능하였다.
- (2) 노즐 주사횟수 증가에 따라 가공깊이는 거의 비례적으로 증가하였으나 가공 폭은 15회를 초과함에 따라 특히 노즐 높이가 65mm 일 경우 급격하게 증가하였다.
- (3) 노즐의 높이가 100mm 보다 65mm 일때 가공능률이 높았다.
- (4) 노즐 높이가 100mm 일 경우 가공 폭의 변화는 주사횟수에 관계없이 거의 일정하게 증가하였다.
- (5) 가공 폭의 증가는 마스킹 필름의 마멸에 기인한다.
- (6) 포켓형상은 넓은 U자 형태로 나타났다.

## 후기

본 논문은 인천대학교 기계전자기술혁신센터와 나노델시디㈜의 연구비 지원에 의한 연구의 일부로 관계자에게 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 최중순, 박경호, 박동삼, "Abrasive Jet Machining을 이용한 유리의 미세홀 가공," 한국정밀공학회 2000년도 추계학술대회논문집, pp. 963-966, 2000.
2. Kuriyagawa, "アブレイシブ・ジェット・マシニングの動向," 低粒加工學會 學術講演會 論文集, E9, pp. 401-402, 1995.
3. P.J.Slikkerveer, P.C.P.Bouten, F.H.in't Veld, H.Scholten, "Erosion and damage by sharp particles", Wear, 217, pp. 237-250, 1998
4. F.H.in't Veld, P.J Slikkerveer, "Towards prediction of flux effects in powder blasting nozzles," Wear, 215, pp. 131-136, 1998.
5. P.J. Slikkerveer, P.C.P. Bouten, F.C.M. deHaas, "High quality mechanical etching of brittle materials by powder blasting," Sensors and Actuators 85, pp. 296-303, 2000.