

연마재 입자크기에 따른 구리기판의 워터젯 가공성 연구

Experimental Study on Waterjet Cutting of Copper Sheet According to Abrasive particle size

*박강수¹, 제순규¹ 이채문², #신보성³
 *K. S. Park¹, S. K. Je¹, C. H. Lee², #B. S. Shin(bosung@pusan.ac.kr)³
¹부산대학교 대학원, ²삼성전기(주), ³부산대학교 ERC/NSDM

Key words : Abrasive waterjet, Copper sheet, Taper of cut, Kerf width

1. 서론

연마재 워터젯(Abrasive waterjet 이하 AWJ)이란 고압으로 압축된 물에 연마재를 혼합하여 공작물에 고속으로 분사하는 가공기술이다. AWJ 가공에 사용되는 연마재의 종류로는 석류석(Garnet)이나 규사(Silica sand), 산화 알루미늄(Alumina), 탄화규소(Silicon carbide)등이 있다.^(1,2)

AWJ 가공기술은 환경친화적이며, 제품의 설계 및 재료 변경이 유연할 뿐 아니라 동일한 공구로 천공 및 절단이 가능하고 가공 시간과 절단 비용을 줄여주는 등의 장점이 있다. 또한 기존의 NC 가공에서 발열로 발생하는 문제를 줄여주며, 특히 열에 취약한 물질의 가공에서 특히 뛰어난 장점을 가진다. 최근에는 직경 0.1~1.0 mm의 노즐과 수십 um의 연마재 개발로 마이크로 단위의 미세가공에 이용되고 있다.⁽³⁾

AWJ 가공기술의 주요 변수로는 가공압력(Cutting pressure), 가공속도(Cutting feed rate), 이격거리(Standoff distance), 절단각도(Cutting angle), 노즐(Nozzle)과 오리피스(Orifice), 연마재 종류 및 크기 등이 있다.^(4,5)

AWJ 가공기술은 1 mm 이상의 두꺼운 금속절단에 이용되고 있으나 최근 0.5 mm 박판 가공수요의 증가에 따라 본 논문에서는 0.5 mm 구리 박판(Copper sheet)의 가공성을 연구하였다. 이를 위해 다양한 연마재 크기에 압력, 속도, 이격거리를 달리하여 구리 박판에 가공성을 측정하고 그 상관관계를 분석하였다.

2. 실험 장비

Fig. 1은 AWJ의 구성도이다. AWJ은 고압의 압축수를 생성하는 펌프부(Pump unit)와 기판을 가공하는 CNC table, AWJ의 가공을 조절하는 CNC Controller(Computer numerical control controller)로 구성된다. 펌프부에서 생성되는 최대압력은 400 MPa이며, 고압수의 토출유량은 3.8 L/min, 최대가공속도는 15 mm/min이다. Fig. 2는 다양한 크기의 연마재 측정사진이다. 연구에 사용된 연마재의 소재는 알루미늄이며 크기는 320, 220, 180, 150(mesh) 등 3가지이다.

3. 실험 방법

Table 1은 AWJ의 가공조건이다. 본 실험에 사용된 기본 가공 조건으로는 노즐직경 0.8 mm, 오리피스 0.33 mm, 가공압력 200 MPa, 가공속도 100 mm/min, 이격거리 1.5 mm로 하고, Table 1과 같이 가공압력, 가공속도, 이격거리를 연마재 크기에 따라 가공성을 확인 비교하였다. 가공성 확인은 식(1)과 같이 가공된 윗면너비(B_T)와 아랫면너비(B_B)를 측정하여 테이퍼(Taper of cut)를 구하였다.⁽⁶⁾

$$\text{Taper of cut} = (B_T - B_B) / 2 \quad (1)$$

Table 1 AWJ processing condition

Processing parameter	Processing range
Types of abrasives	Alumina
Abrasive size(mesh)	220, 180, 150
Cutting Pressure(bar)	1500~3000
Cutting feed rate(mm/min)	50 ~ 200
Standoff distance(mm)	1 ~ 2.5



Fig. 1 Abrasive water-jet system

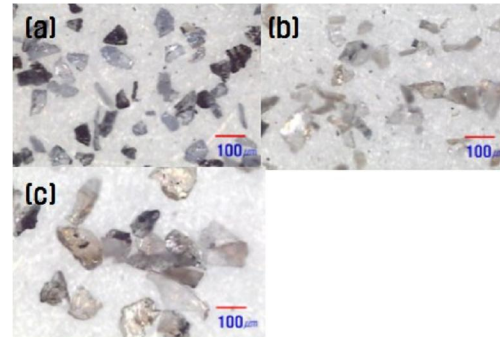


Fig. 2 Abrasive particle (a) #220, (b) #180 (c) #150

4. 실험 결과

3.1 가공압력에 따른 가공성

Fig. 3은 가공압력에 따른 가공선폭의 상관관계를 나타낸 그래프이다. 3가지 크기의 연마재 모두 가공압력이 증가할수록 가공선폭이 넓어졌다. Fig. 4는 가공압력과 테이퍼의 관계를 설명한 그래프이다. 동일한 압력에서 연마재 크기가 클수록 테이퍼는 작아지는 것을 알 수 있다.

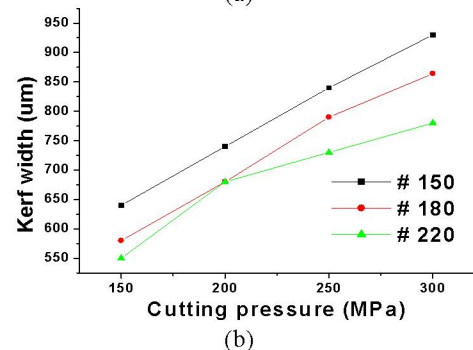
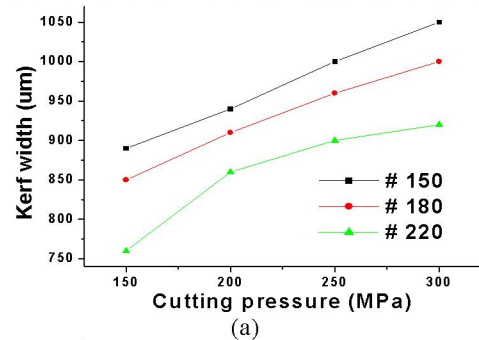


Fig. 3 Effect of kerf width with respect to cutting pressure (a) Entrance, (b) Exit

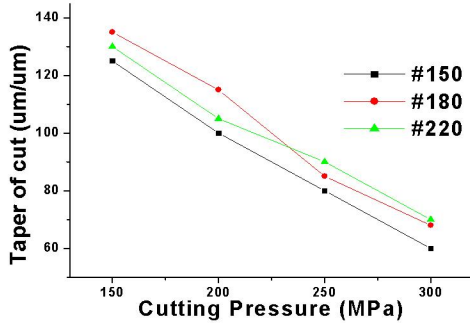


Fig. 4 Effect of taper with respect to cutting pressure

3.2 가공속도에 따른 가공성

Fig. 5 와 Fig. 6 은 가공속도에 따른 가공선폭과 테이퍼의 관계를 각각 나타낸 그래프이다. 가공속도가 증가할 때 가공선폭은 좁아졌으며, 가공속도가 증가하고 연마재가 작아지면 테이퍼는 커지는 것을 알 수 있다.

3.3 연마재 크기에 따른 가공성

Fig. 7 은 압력 200 MPa, 속도 50 mm/min, 이격거리 1.5 mm 로 고정한 뒤 연마재 크기를 변화시켜 가공한 결과 그래프이다. 그림에서 알 수 있듯이 연마재 크기가 작아질 수 때 테이퍼의 크기는 커졌으나 버(Burr)의 크기는 작아졌다.

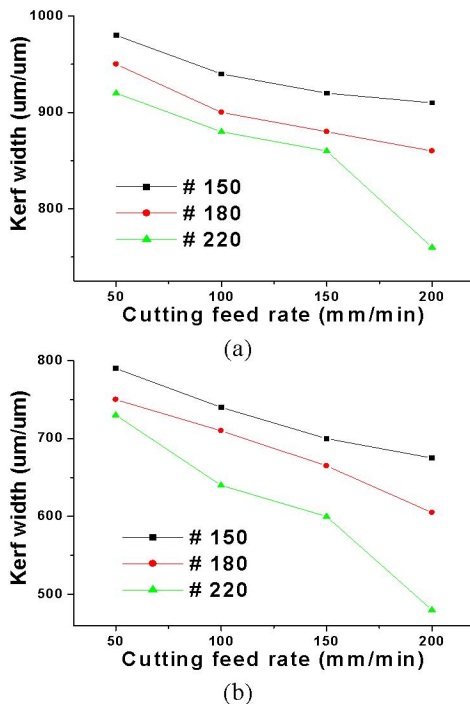


Fig. 5 Effect of kerf width with respect to cutting feed rate
(a) Entrance (b) Exit

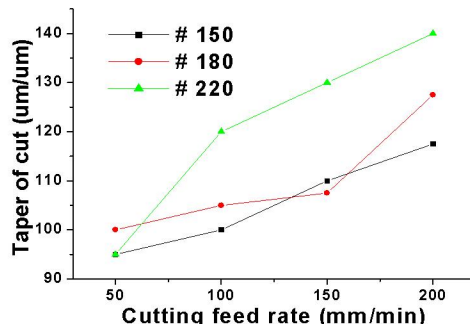


Fig. 6 Effect of taper with respect to cutting feed rate

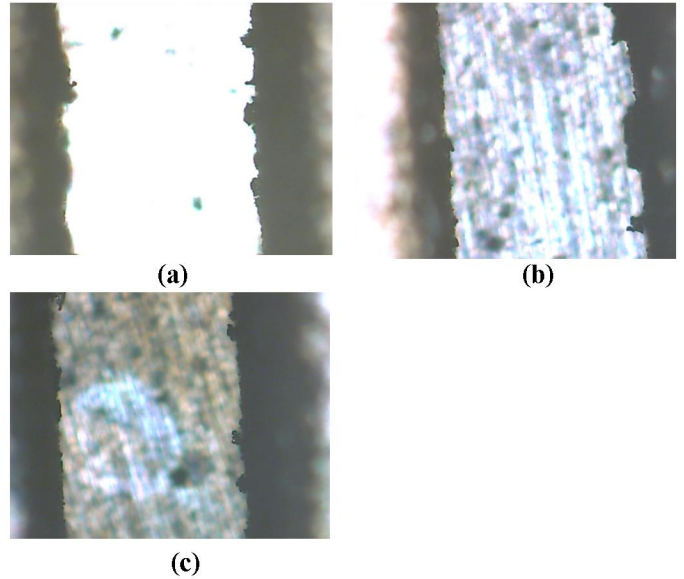


Fig. 7 The processing of cutting edge according to abrasive particle size (a) #150, (b) #180, (c) #220

결론

본 논문에서는 AWJ 의 가공압력, 가공속도, 이격거리와 연마재 크기에 따른 가공변화에 대해 분석하였다. 이를 위해 0.5 mm 의 구리박판을 절단하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 가공압력이 높아질수록 소재에 가해지는 힘의 전달이 양호해져 테이퍼가 줄어든다.
- (2) 가공속도가 빨라질수록 기판이 연마재의 영향을 받는 시간이 줄어들며, 그 결과 가공 면적이 줄어든다. 이로 인해 윗면과 아랫면에 가해지는 힘의 차이가 커지게 되어, 테이퍼가 커진다.
- (3) 이격거리가 멀어질수록 연마재가 가지고 있는 힘이 분산되어 테이퍼가 증가한다.
- (4) 연마재 크기가 클수록 테이퍼는 작아지며, 물결무늬(Waviness)도 커진다.

참고문헌

1. Mort, G. A., "Result of Abrasive Water jet Market Survey", Proceedings of the 8th American water jet Conference, Vol. 1, pp. 259-282, 1995.
2. Kuleckci, M. K., "Processes and Apparatus Developments in Industrial Waterjet Applications", International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 42, No. 12, pp. 1297~1306. 2002.
3. 박강수, 박연경, 고정상, 신보성, "연마재 워터젯을 이용한 복합재 미세가공의 백화현상에 대한 연구", 한국공작기계학회, Vol. 16, No. 5, pp. 183~190, 2007
4. Miller, A., King, L., Savanick, G. A., "Waterjet Cleaning of Truck-Mounted Concrete Mixing Tanks", Proceedings of the 2001 WJIA American Waterjet Conference, Vol. 2, pp. 551~556.
5. Park, K. S., Bahk, Y. K., Go, J. S., Kang, M. C., Lee, C. M., "Impact Behavior of Micro-sized Ceramic Particles in Abrasive Waterjet Cutting of Thin Multi-layered Materials", JMST, 2008. 2. (Accept)
6. Kitamura, M., Ishikawa, M., Sudo, K., "Cutting of Steam Turbine Components Using an Abrasive Waterjet", A. Licharowich(Ed.), Jet cutting Technology, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 1992, pp. 543-554