

# 고온가공기법을 이용한 초경소재 가공기술에 관한 연구

정연행\*·조영갑

## A Study on Cutting Method of Tungsten Carbide Material Using Hot Machining

Y, H. Choung\*, Y, G, Cho

### Abstract

The Advantages of hot machining are the reduction of cutting forces, tool wear, and the increase of material removal rates. In this study, a hot-machining characteristics of milling by CBN tip was experimentally analyzed, and the influence of the surface temperature and the depth of cut on the tool life were investigated. The selection of a heating method for obtaining ideal temperature of metals in machining is important. Faulty heating methods could induce unwanted structural changes in the workpiece and increase the cost. This study uses gas flame heating. It is obtained that tungsten carbide-alloyed has a recrystallisation temperature range of 800-1000°C which is the high heating temperature that might induce unwanted structural changes. If it is performed at temperatures higher than 800°C in machining, the possibility of unwanted structural changes and the increased wear of tool can be shown. Consequently, in hot machining of tungsten carbide-alloy, this study has chosen 400°C-600°C because the heating temperature might be appropriate in view of the cost and workpiece considerations.

The results of this study experimentally shows a new machining method for tungsten carbide-alloyed that decreases the wear rate of machining tools

**Key Words :** Hot-machining , Tool Life, Tungsten Carbide-alloy, Recrystallisation Temperature.

### 1. 서론

최근 금속산업의 발달로 난삭재가 출현함에 따라 금형가공업체나 기계가공업체에서는 가공시간의 단축, 가공정밀도의 향상, 제조원가의 절감등을 위하여 난삭재를 가공할 수 있는 새로운 절삭방법이 요구되어 왔고[2], 이러한 필요성에 의하여 다이아몬드 연삭가공이나 방전가공의 특수한 가공법이 개발되어짐으로써 난삭재의 절삭가공이 가능해지게 되었다.

본 연구에서는 절삭공정에 있어서 공구소재의 품질을 증가 시키는 것 대신에 우선 피삭재의 연

성화에 접근하였다[1]. 피삭재 연성화의 한 가지 방법으로 고온가공이 있다. 고온가공은 피삭재의 부분 또는 전체를 가열하는 것이다. 가열은 가공 전이나 가공 중에 행해지게 된다. 고온가공은 금속을 재결정온도 이상으로 가열함으로써 가공경화를 예방하고 절삭저항력을 감소시키고 그 결과로써 가공에 조력할 수 있다. 아래의 Fig. 1 는 초경소재가 온도의 변화에 따라 경도가 저하되는 경향을 나타낸 그래프이다.

### 2. 본론

\* 한국원자력연구소 하나로운영부

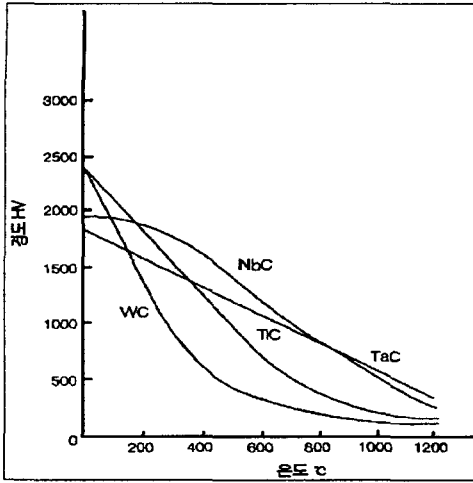


Fig.1 Hardness of single carbide on High Temperature (From: Metal Cutting (Edward M. Trent, Paul K Wright))

### 2.1 실험장치의 구성

본 연구에서는 CBN 공구(Tip 재질  $\phi 25$ , Flat)로 초경소재 금형강 (S.S Carbide, HRC 75)의 가공시 가열온도를 여러 가지로 변화시켜 가열온도에 따른 초경 엔드밀과 CBN 공구의 절삭특성 및 마멸특성과 가열토치의 사용유무가 공구의 절삭성능과 공구마멸에 미치는 영향에 대해서 실험하였다.

먼저 실험에 사용된 공작기계로는 머시닝센터(화천기계, ECOMIL 43V)가 사용되었으며 절삭저항력의 측정을 위하여 압전형 공구동력계(Kistler, 9257B)를 머시닝센터 베드에 설치하고 그 위에 공작물을 고정할 수 있는 바이스를 설치하였으며 본 연구를 위하여 제작, 구성된 가공기 부착형 특수 가스토치와 워터가스 발생장치를 설치하였다. 정확한 온도의 측정을 위하여 적외선 온도측정기 (Scotchtrak Heat Tracer IR-16EXL3)와 접촉식 온도 측정기 (FLUKE HYDRA - Type K Thermocouples)를 사용하여 측정하였다.

실험장치는 아래의 Fig. 2 와 같이 구성되었으며 선행실험을 통해 결정된 절삭조건은 표 1 과 같다.

### 2.2. 가열온도 변화에 따른 가공성평가

아래의 Fig. 3 은 각 온도변화 (상온, 100°C,

200°C, 300°C, 400°C)에 따른 X, Y, Z 방향에서의 절삭력을 비교한 것이다.

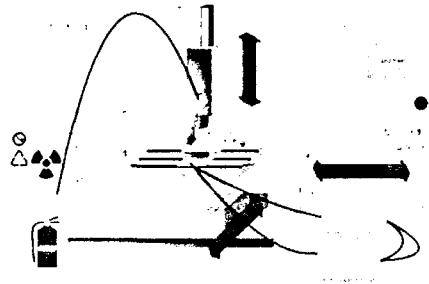


Fig. 2 Schematic Representation of Experimental Design for Hot Machining

Table. 1 Working Conditions

Machining Parameters	
Workpiece	WC+CO(10%)
Cutting Tool	CBN Tip $\phi 25$
Operation	Down milling
Tool Overhang	30 mm
Spindle Speed (rpm)	1500 rpm
Feed Rate	80mm/min
Depth of cut	0.05mm
Cutting Environment	Dry, Hot Machining

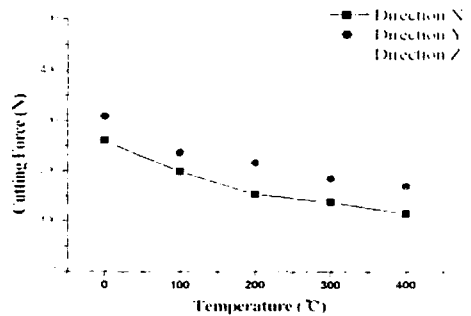
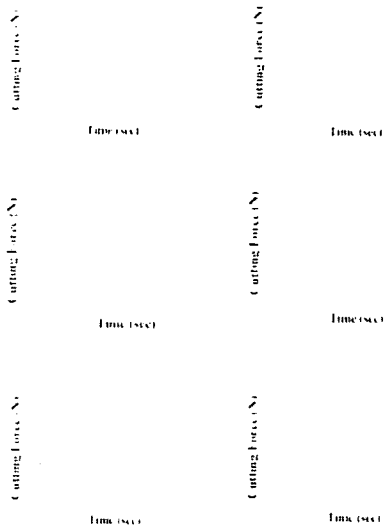


Fig. 3 Cutting Force According to Temperature

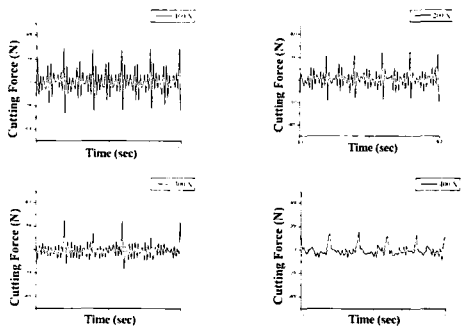
아래의 Fig. 4 는 X, Y, Z 방향에서 획득한 절삭력 데이터이다.



**Fig. 4 Cutting Force in X,Y,Z Direction (1500rpm, 80mm/min, Temperature 400 °C)**

위의 그래프에서 알 수 있듯이 상온보다 고온에서 절삭력은 상당히 감소됨을 알 수 있다

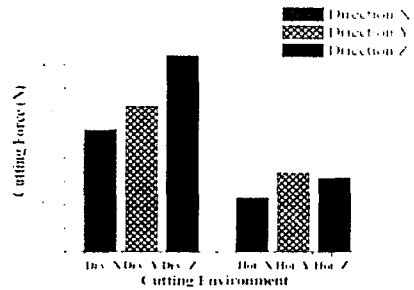
Fig. 5 는 100, 200, 300, 400°C에서의 X 방향 절삭력을 비교한 그림이다. 여기서 주목해야하는 점은 온도가 높아질수록 절삭 시 진동이 감소함을 보여주고 있으며 400°C에서는 공구의 응착으로 신호의 간격이 커짐을 알 수 있다.



**Fig. 5 Cutting Force According to Temperature in X Direction**

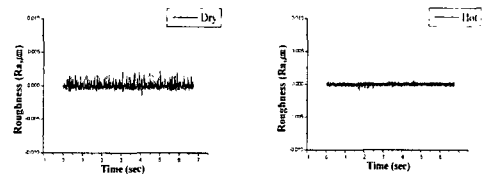
Fig. 6 은 상온, 고온(400°C)에서 X, Y, Z 방향의 절삭력을 나타낸 그래프이다. 아래의 그림에서 보이는 바와 같이 고온으로 가공시 상온에 비해 약 50% 절삭력의 감소를 보여준다. 또한 고온에서 Z 방향의 절삭력이 Y 방향에 비해 더 감소하

는 경향을 보이는데 이는 절삭이 원활히 이루어지면서 절삭진동이 감소하기 때문이다.



**Fig. 6 Cutting Force Against Cutting Environment (Room, High Temperature 400 °C)**

Fig. 7 은 상온과 고온의 표면 거칠기 (Ra)를 나타낸 것이다. 그래프에서 알 수 있듯이 고온과 상온의 표면 거칠기의 차이는 약 3 배 이상 고온이 좋은 것으로 나타났다. 이는 고온에서 소재의 연성화에 의해 절삭 시 진동이 감소되기 때문에 공구의 마멸이 줄어들고 또한 일정한 공구의 마멸을 통하여 소재의 절삭이 원활히 이루어져 표면의 정도가 향상되었다.



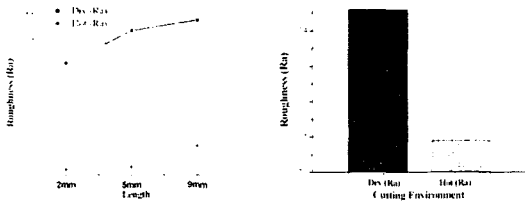
**Fig. 7 Surface Roughness Against Dry and Hot Machining(Room, High Temperature 400 °C)**

Fig. 8 은 소재의 절삭초반부(Y 축 방향 2mm), 중반부(5mm), 와 후반부(9mm)에서의 표면 거칠기를 상온가공의 때와 고온가공(400°C)의 수치를 비교한 그래프(a)와 피크피드 방향에서의 표면 거칠기 그래프(b)이다. 그림에서 알 수 있듯이 패스의 수가 많아질수록 거칠기 또한 나빠지는데 이는 공구의 마멸이 증가함으로써 표면 또한 나빠지는 일반적인 현상이지만 고온과의 차이는 약 3 배정도로 나타났다. 피크피드 방향에서의 거칠기(b) 또한 상온 : 0.4597  $\mu\text{m}$ , 고온 : 0.0891  $\mu\text{m}$ 로 측정되어 상당한 차이를 보였다.

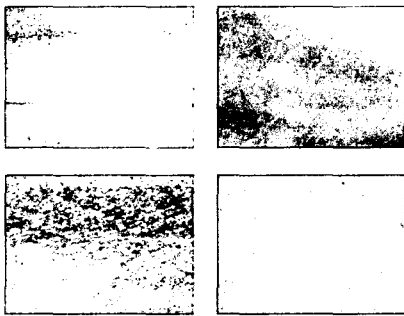
Fig. 9 는 시편 거칠기의 형상을 공구현미경을 통하여 획득한 사진이다. 절삭으로 발생한 절

삭흔을 통해서 상온가공시와 고온가공시의 절삭 표면의 차이를 확실히 알 수 있다.

각각 200 배와 400 배의 비율로 사진을 찍어 비교하였고 200 배의 배율로 절삭깊이 0.01mm 로 가공한 표면사진도 함께 도시하였다.



(a) According to Length (b) According to Pickfeed  
**Fig. 8 Surface Roughness(Ra)**



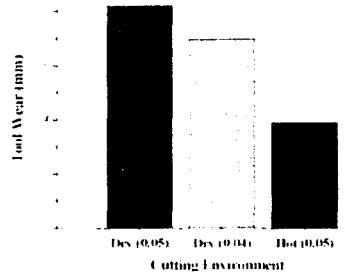
(a) Dry (b) Hot (400°C)  
**Fig. 9 Machined Surface (Depth : 0.05mm)**  
 (Olympus Microscope x200(up), x400(down))



**Fig. 10 Machined Surface (Dry, Depth 0.01mm)**  
 (Olympus Microscope x200)

Fig. 10 에서 알 수 있듯이 절입이 작아지게 되면 표면형상이 상당히 향상됨을 알 수 있다. 이는 경취성 재료에서 절입의 영향을 보여주는 것이며 본 연구에서의 절삭조건 절입 0.05mm 가 초경소재의 절삭에서는 보수적인 절삭조건임을 표시하고 있다. 공구마멸과 표면형상의 측면에서 절삭 깊이는 약 0.02 - 0.03mm 정도가 적당하다고 보여진다.

Fig. 11 는 절삭길이 : 125 cm에서 생긴 이상 치핑을 배제한 정상적인 마멸의 양을 비교한 그래프이다.



**Fig. 11 Chipping at 125 cm Cutting Length**

Fig. 11 의 그래프에서는 초기치핑 외의 공구마멸을 측정결과 절입의 양이 적은 Dry(0.04)에서는 Dry(0.05)보다 약 15% 공구수명의 향상이 있었고 고온가공인 Hot(0.05)는 Dry(0.05)보다 역시 50% 공구수명의 향상을 볼 수가 있었다.

### 3. 결론

- 초경소재의 절삭시 획득한 절삭력의 측정결과 고온이 전체적으로 상온 보다 약 50% 이상 감소하는 것으로 확인되었다. 또한 데이터에 의해 소재의 절삭공정이 가능한 연성화 온도 (400°C)를 제시하였다.
- 공구마멸 측정결과 상온가공에 비해 고온가공의 공구수명이 약 50% 증가하였고 소재의 표면 거칠기 측정결과 약 3 배 정도 향상되었다.
- 가공 후 소재의 변형량과 경도측정결과 400°C의 고온가공에서는 소재의 변화가 없었다.
- 향후 고경도 경취성 재료의 절삭가공에 대한 기초 자료를 제시하였다.

### 참고문서

(1) T.Kitagawa, K. Meakawa, A. Kubo. "Plasma hot machining for high hardness metal", Japan Society for Precision Engineering, 22(2) pp. 145-151, 1988.