韓國精密工學會 '96年度 春季學術大會論文集 pp.114~118

세라믹 공구를 이용한 금형강 가공시 공구마멸과 절삭특성

(Tool Wear and Cutting Characteristics in the Machining of Die Material using Ceramic Tool)

손창수*, 이기용(부산대 원), 강명창(부산대 기계기술연구소),
이득우, 김정석(부산대 정밀정형 및 금형가공 연구센터)

ABSTRACT : Evaluation of cutting condition is one of the most important aspect to improve productivity and quality. In this study, the wear and cutting characteristics(cutting force, acoustic emission signal and surface roughness) of ceramic cutting tool for hardened die material(SKD11) were investigated by experiment. Flank wear on relief face of tool was occurred more dominant than crater wear on rake face. Experiments were performed under the various cutting condition.

Key words : Die Material(금형강), Ceramic Tool(세라믹 공구), Cutting Force(절삭력), Acoustic Emission Signal(음향방출 신호), Surface Roughness(표면조도), Flank Wear(여유면 마멸)

1. 서 론

생산기술이 발달함에 따라 기계가공시 정밀도가 요구되고 이에 부응하여 생산성을 높이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 최근 제조현장에서는 금형제작이 중요시되고 있는데 금형강은 일반강과는 달리 고강도 고경도의 난삭재 특성을 가지고 있어 여러 가지 문제점이 발생하고 있는 실정이다. 즉 난삭재는 비교적 짧은 시간동안 공구에 큰 마멸를 일으켜 공구의 손상을 야기시키므로 공작물의 절삭성이 낮아지게 된다.[1,2]

최근 많이 쓰이고 있는 금형강의 경우 일반 공구강에 비하여 다량의 탄소와 크롬을 함유하고 있어 상온에서 내마멸성이 좋은 반면 피삭성은 좋지 않다. 이러한 금형강의 절삭가공에는 절삭공구, 절삭조건 및 절삭방법 등의 특별한 검토가 필요하다. 일반적으로 고경도강의 가공에는 CBN 공구나 세라믹 공구가 사용되어야 하는데,[3] CBN 공구는 고가일 뿐 아니라 인성에도 약해서 절삭가공에는 적합치가 못하다. 세라믹 공구 또한 강도와 경도가 높아 마멸에는 잘 견디지만 취성이 커서 충격에 잘 견디지 못하는 난점이 있다. 그래서 금형강을 절삭가공할 때 일정수준의 정밀도를 유지시키기 위해서는 공구의 마멸에 따른 가공특성을 파악하는 것이 무엇보다 선행되어야 할 과제이다.

이에 본 연구에서는 경도가 높고 내마멸성이 뛰어나 난삭재 가공에 유용한 공구로 알려진 세라믹 공구로 금형강을 가공할 때 공구의 마멸특성과 마멸이 증가할 때의 절삭력, AE신호, 표면조도 등을 통해 금형강 가공의 절삭특성을 평가하고자 한다.

2. 실험조건 및 방법

2.1 실험장치 및 공작물

공구마멸과 이에 따른 절삭특성을 평가하기 위한 실험장치를 Fig. 1과 같이 구성하였다.

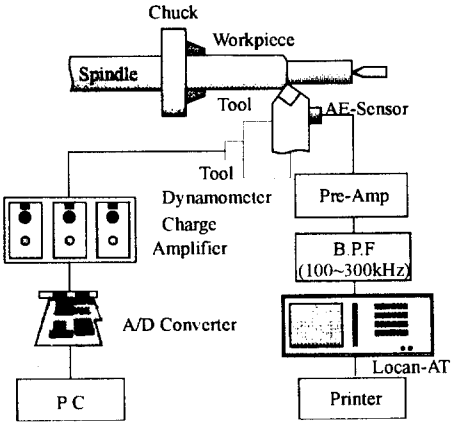


Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup

공작물로는 금형강인 SKD 11을 사용하였고, 그성분조성은 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Chemical compositions and hardness of workpiece(SKD 11)

Chemical composition (%)									Hardness (H_B)
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	
1.45	0.22	0.27	0.02	0.03	0.13	12.0	0.90	0.26	313

공구는 Al_2O_3-TiC 계열의 세라믹 공구(SNGA- AB 30)로서 내마멸성은 좋으나 인성이 부족하므로 치핑이 발생하기 쉬워 Fig. 2와 같이 모따기(Chamber)가 되어 있다.

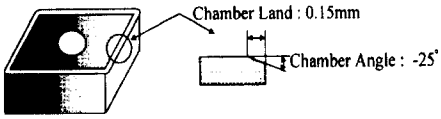


Fig. 2 Feature of ceramic tool with edge chamber

본 실험에 사용된 실험조건은 Table 2와 같다.

Table 2 Experimental condition

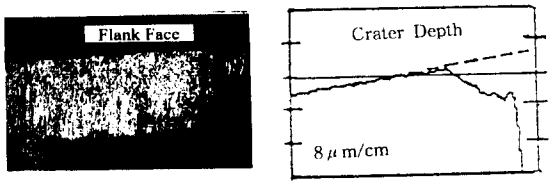
Item	Specification
Machine	HanKook Lathe(HML-580)
AE Device	Sensor(R15), Pre-Amp(1220A), Locan-AT
Force Device	Tool Dynamometer(92578), Charge Amp(5007)
Measurement of Tool Wear	Optical Microscope(DMB311U) Surface Roughness Test(su501)
Cutting Condition	· Cutting Speed(m/min) : 100, 120, 140, 160 · Feed Rate(mm/rev) : 0.08, 0.10, 0.125 · Depth of Cut(mm) : 0.3, 0.5, 1.0 · Dry Cutting

2.2 실험방법

공구마멸시 발생하는 마멸의 형태는 경사면, 여유면 및 노치마멸 등이 있는데, 본 연구에서는 세라믹 공구에 대한 마멸이 0.3mm가 될 때까지의 3분마다 측정하였다. 경사면 마멸은 표면조도기로, 여유면 마멸은 광학현미경으로 관찰하였다.

절삭속도 140(m/min), 이송량 0.125(mm/rev), 절삭깊이가 0.5(mm)일 때 공구마멸의 관찰 예가 Fig. 3에 나타나 있는데 여유면 마멸이 경사면 마멸에 비하여 훨씬 큰 마멸이 발생하고 있음을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 여유면 마멸에 대해서 절삭특성을 살펴보고자 한다.



(a) Flank wear(VB 0.3mm) (b) Crater wear(KT=6.3 μm)

Fig.3 Flank and crater wear pattern of ceramic tool

절삭특성을 고찰하기 위해 절삭력 신호는 여유면 마멸이 0.3mm정도될 때 까지 공구동력계를 이용하여 3분마다 3초간 획득하였으며 A/D변환기를 거쳐 컴퓨터에 저장하였다.절삭력 신호는 많은 노이즈성분을 포함하고 있는 데 이들 노이즈는 시간에 대한 평균화로 적절히 제거할 수 있다. 그 신호의 형태는 Fig. 4와 같다.

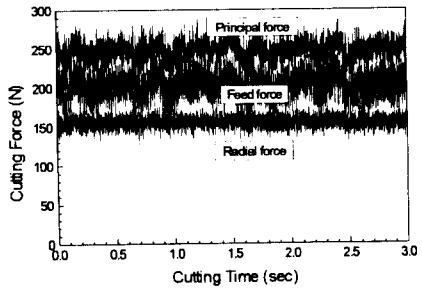


Fig. 4 Variation of cutting force according to cutting time (v=100m/min, f=0.1mm/rev, d=0.5mm)

AE 신호는 공구의 옆면에 공진형 센서인 R15를 칩의 유출에 영향을 받지 않도록 부착하여 절삭력과 같은 시간간격으로 측정하였다. 또한 공작물의 표면조도는 중심선 평균거칠기(Ra)방법으로 3회씩 측정하여 공구마멸과의 관계를 살펴보았다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 절삭조건과 공구마멸과의 관계

절삭조건(절삭속도, 이송량, 절삭깊이)에 따른 공구마멸과의 관계는 Fig. 5에 나타나 있다. 절삭속도와 절삭시간에 대한 여유면 마멸의 변화를 나타낸 것으로서, 절삭속도의 증가에 따라 여유면 마멸은 거의 선형적으로 증가하는 경향을 보인다. 또한 절삭시간에 따라서도 여유면 마멸은 증가한다.

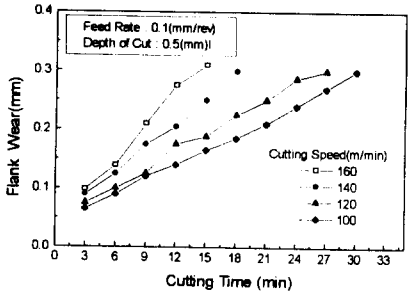


Fig. 5 Variation of flank wear according to cutting speed and cutting time

Fig. 6과 7에 이송량와 절삭깊이에 대한 공구마멸과의 관계로 나타낸 바와 같이, 여유면 마멸은 이송량의 증가에 따라 거의 일정하게 증가하고, 절삭깊이의 증가에 대해서는 절삭시간이 길어짐에 따라 뚜렷한 차이를 보이며 선형적으로 증가한다.

따라서 공구마멸은 절삭속도와 절삭깊이의 영향을 더 크게 받는다는 것을 알 수 있다.

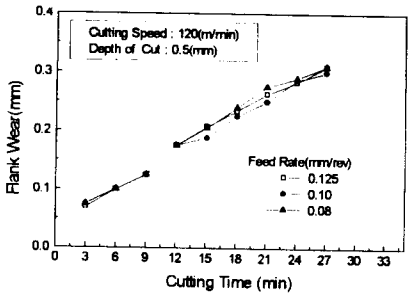


Fig. 6 Variation of flank wear according to feed rate and cutting time

3.2 절삭력과 공구마멸과의 관계

절삭시간에 따른 절삭력의 변화를 Fig. 8에 나타내었는데 절삭시간이 증가할 수록 세분력의 절삭력은 서서히 증가함을 알 수 있다. 세분력의 절삭력 중 주분력이 가장 크게 나타난다.

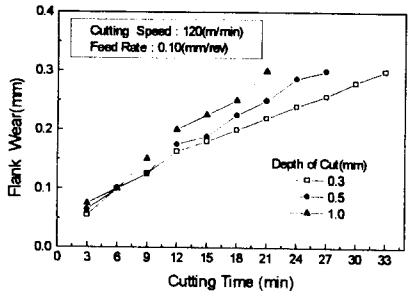


Fig. 7 Variation of flank wear according to depth of cut and cutting time

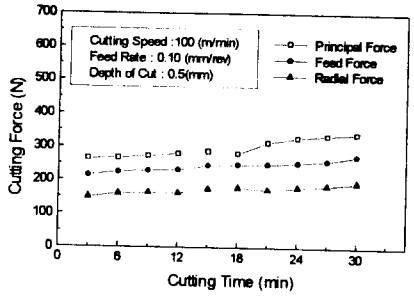
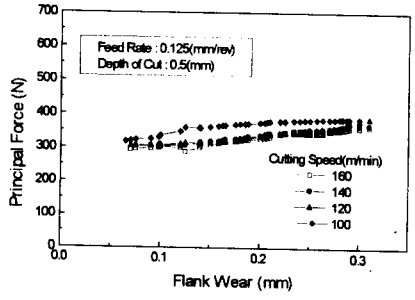
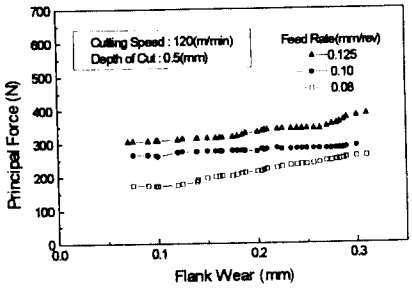


Fig. 8 Variation of cutting force according to cutting time

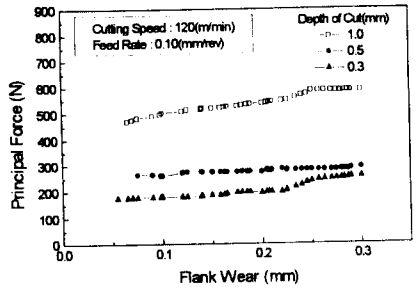
절삭조건의 변화에 따른 공구마멸과 주분력과의 관계를 Fig. 9(a)~(c)에 나타내었다. 여유면 마멸의 크기가 0.3mm가 될 때까지 주분력은 절삭속도가 증가할수록 감소하는 경향을 보인다. 이는 절삭속도가 증가함에 따라 절삭온도가 높아져 가공물의 비절삭저항이 낮아지기 때문으로 사료된다. 반면 이송량과 절삭깊이가 증가할 때는 주분력이 뚜렷하게 증가함을 알 수 있다.



(a) Variation of principal force according to flank wear and cutting speed



(b) Variation of principal force according to flank wear and feed rate



(c) Variation of principal force according to flank wear and depth of cut

Fig. 9 Variation of principal force according to flank wear and cutting condition depending on cutting condition

Fig. 10은 절삭시간에 따른 절삭력과 공구마멸과의 관계를 나타낸 것으로 공구마멸이 증가함에 따라 세분력의 절삭력도 거의 선형적으로 증가함을 알 수 있다.

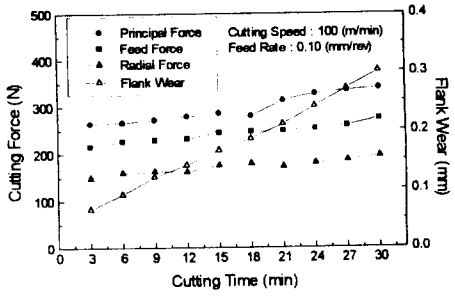


Fig. 10 Variation of cutting force and flank wear according to cutting time

3.3 공구마멸과 AE신호와의 관계

절삭속도와 절삭시간의 변화에 따른 AE RMS값의 변화를 Fig. 11에 나타내었다. AE RMS값은 절삭속도의 증가에 따라서 증가하고, 절삭시간의 변화에 대해서는 거의 일정하거나, 증가하다가 감소한다. 이는 공구마멸의 급격한 진행에 의한 절삭깊이의 감소요인에 의한 것으로 파악된다.

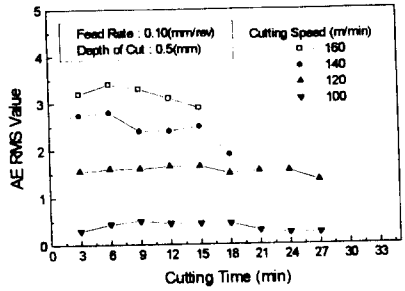
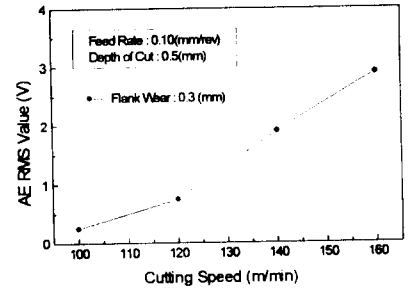
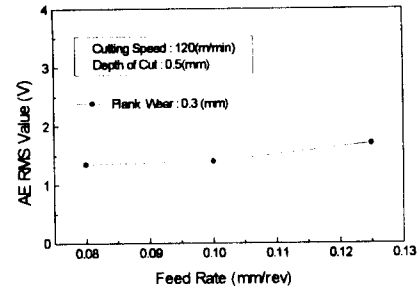


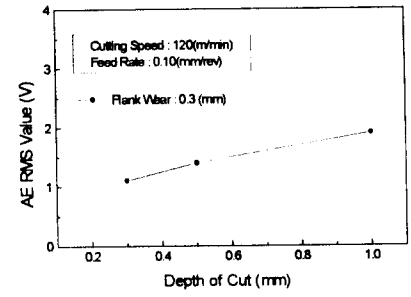
Fig. 11 Variation of AE RMS value according to cutting time and cutting speed



(a) Variation of AE RMS value according to cutting speed



(b) Variation of AE RMS value according to feed rate



(c) The variation of AE RMS value according to depth of cut

Fig. 12 Relationship between cutting condition and AE RMS value

여유면 마멸이 0.3(mm)일때, 절삭조건의 변화에 따른 AE RMS값과의 관계는 Fig.12(a)~(c)에 나타내었는데 절삭속도, 절삭깊이 및 이송량이 증가할수록 AE RMS값은 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 특히 AE RMS값은 절삭속도에 매우 민감하게 증가한다는 것을 보여준다.

Fig. 13에서는 공구의 마멸이 증가할 때 AE 주파수에 대한 특성을 나타낸 것으로 AE 주파수의 피크값은 공구마멸의 증가에 따라 증가하는 것을 알 수 있다. 본 연구의 절삭조건에 대해서 AE 주파수는 110kHz~140kHz영역에서 발생했다.

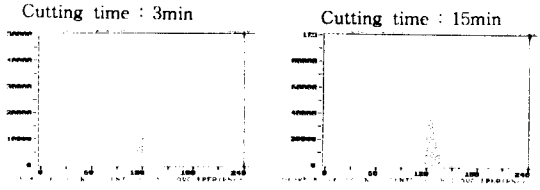


Fig. 13 Relationship between AE frequency and flank wear progress (v=160m/min, f=0.1 mm/rev, d=0.5mm)

3.4 공구마멸과 표면조도의 관계

Fig. 14는 절삭시간에 따른 공구마멸과 표면조도와의 관계를 나타낸 것으로, 절삭시간에 따라 표면조도는 거의 일정하고, 공구마멸이 증가할 수록 공작물의 표면조도 또한 거의 일정한 경향을 보이고 있다. 이는 세라믹 공구는 내마멸성이 양호하여 뛰어난 절삭성을 보이기 때문에 공구의 마멸이 증가하여도 가공의 불안정한 현상이 발생하지 않아 가공물의 표면조도는 거의 변화가 없다고 사료된다.

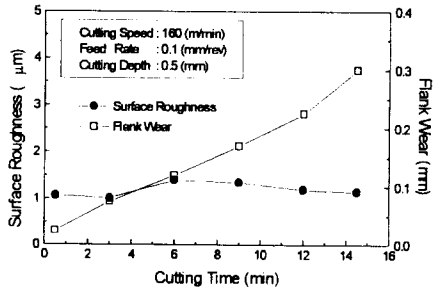


Fig. 14 Relationship between surface roughness and flank wear for cutting time

Fig. 15는 여유면 마멸이 0.3mm일 때 절삭속도와 표면조도와의 관계를 나타낸 것으로 절삭속도가 증가할 수록 표면조도는 좋아지는 것을 알 수 있다.

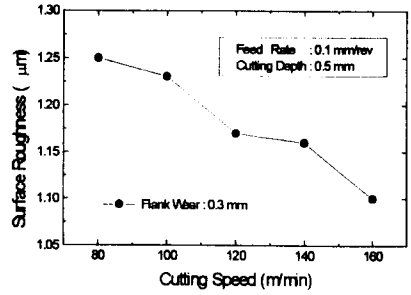


Fig. 15 Variation of surface roughness according to cutting speed

4. 결 론

1) 절삭시간에 대해 공구마멸은 절삭시간의 증가에 따라 거의 선형적으로 증가하고, 이송량보다는 절삭속도와 절삭깊이에 더 큰 영향을 받는다.
2) 세분력의 절삭력은 공구마멸이 증가할수록 증가하며, 절삭속도가 증가하면 감소하고 이송량과 절삭깊이가 증가하면 선형적으로 증가하는 경향을 보인다.
3) AE RMS값은 절삭조건에 따라 변하는데 특히 절삭속도의 증가에 민감하게 커짐을 알 수 있다. 또한 AE 주파수는 공구마멸의 진행에 따라 증가한다.
4) 세라믹 공구는 금형강 가공에 있어 뛰어난 절삭성을 보이며, 절삭속도가 커질수록 표면조도는 좋아지고 상당히 양호한 표면정도를 가진다.

참고문헌

(1) C.Rubenstein, "An Analysis of Tool Life Based on Flank-Face Wear", Trans. ASME, j. Eng.ind, 1976

(2) V.C.Venkatesh, M.Satchithan, "A Discussion Tool Life Criteria and Total Failure Causes", Annals. of the CIRP, VOL. 292, 1980

(3) I. Ham, N. Narutaki, "Wear Characteristics of Ceramic Tools", Trans. ASME, J. Eng. Ind., 1973

(4) R. Teti, U. La Commare, "Cutting Conditions and Work Material State Identification through Acoustic Emission Methods", Annals. of the CIRP, VOL. 41,1992

(5) Robert Teti, "Tool Wear monitoring through Acoustic Emission", Annals of CIRP, Vol. 38, 1989