

고속가공용 엔드밀의 성능평가

이정무(창원대기계공학과), 김건주(창원대기계공학과)*, 정윤교(창원대학교)

Performance Evaluation of Endmill in High Speed Machining

JungMu Lee, GeonJu Kim*, YoonGyo Jung

Abstract

Recently, in machining industry much progress has been made by taking advantage of high speed machining. On the other hand as disadvantage high speed machining involves shortening the life of cutting tool. In this research we want to evaluate the performance of appropriate endmill for high speed machining in accordance with surface roughness of land width and clearance angle of flat-endmill

Key words : high speed machining(고속가공), surface roughness(표면조도), flat-endmill(평엔드밀), land width(밀날 여유각 폭), clearance angle(밀날 여유각)

1. 서론

산업의 급속한 발전과 더불어 금형산업에서도 국제 경쟁력을 제고하기 위해 난삭성 금형소재의 가공능률 증대, 가공면의 표면품위 향상, 고정밀의 가공물을 얻기위해 고속가공 기법에 대한 요구가 급증하고 있으며, 이에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나, 공작기계의 고속화로 인해 가공능율의 향상이라는 장점을 가지는 반면 절삭공구의 수명단축이라는 단점을 동시에 수반함으로써 절삭공구의 성능이 가장 문제시 되고 있다. 이러한 절삭공구의 성능을 향상시키기 위하여 소재 성분의 선택, 공구 형상의 최적설계, 공구가공기법의 개선등을 통한 다방면의 연구가 진행되고 있으나 현재까지 뚜렷한 연구결과가 희

박한 실정이며, 특히 공구형상의 최적설계 부분에 연구할 부분이 적지 않다.

따라서 본 연구에서는 초미립 초경합금(WC제)으로 제작되어진 엔드밀을 사용하여 금형 소재인 합금 공구강(NAK80)에 대하여 절삭작업을 수행하였을 때, 엔드밀의 랜드부 표면조도와 1차 여유각이 공구의 성능에 미치는 영향을 파악하여 향후 고속가공 수행시 엔드밀 형상제작의 기초 데이터를 확보함과 동시에 실용적인 고속가공용 엔드밀 제작의 지침을 마련하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

절삭작업을 수행하기 위해 사용되어진 공작기계는 주축 회전수가 최대 8000 rpm인 수직형 M/C(화천 Sirius-2)를 사용하였으며, 피삭제로는 금형재료로 일반적으로 사용하고있는 합금공구강(NAK80)을 사용하였다.

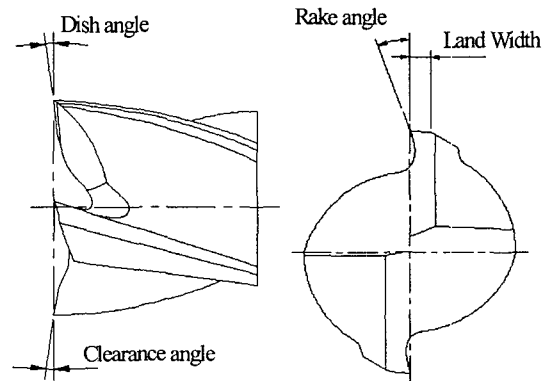


Fig. 1 Geometry of flat-endmill

절삭저항의 측정은 압전소자형 공구동력계(Kistler 9257B)를 사용하여 절삭저항의 3분력을 측정하였으며, 엔드밀 랜드부의 표면조도 R_{max} 는 촉침식 표면조도계를 이용하여 측정하였으며, Fig. 1의 엔드밀의 기하학적인 모식도에서 표시되어진 엔드밀의 1차 여유각 θ , 공구인선부의 마모 및 파손은 공구현미경(MF-1030TH, Mitutoyo)를 사용하여 관찰하였다. 본 실험에서 사용한 실험장치의 개략도는 Fig. 2에 나타내었다.

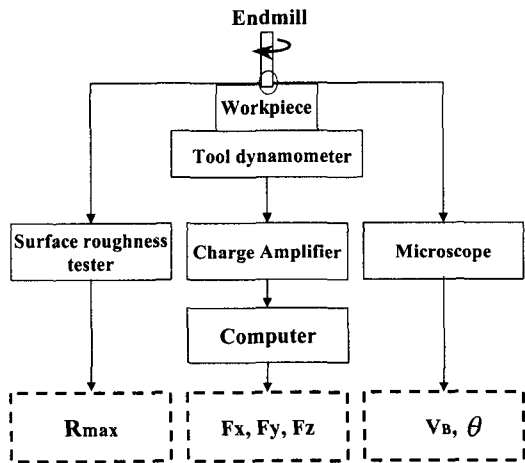


Fig. 2 Experimental Setup

또한 Table 1은 본 실험에 사용한 엔드밀의 화학적 성분을, Table 2는 실험조건을 나타내었다. 실험에서 절삭속도, 피드 및 절입깊이는 일정하게 설정하여 지속적으로 절삭작업을 수행하여 공구인선의 변화를 절삭저항을 측정함으로써 간접적으로 파악하였으며 절삭유제는 사용하지 않았다.

Table 1 Chemical Composition of endmill(wt %)

W	Co	Yb	Cr	V
85.999	10.587	2.791	0.378	0.245

3. 엔드밀의 성능평가 방법

절삭작업에 있어서 절삭저항의 측정은 공구의 성능을 평가하는데 있어서 중요한 정보를 제

Table 2 Experimental condition

Items	Conditions	
Rotational Speed (rev/min)	5000	
Feed(mm/min)	200	
Depth of Cut(mm)	1	
Width of cut	3mm($\phi 8$), 4mm($\phi 10$)	
Workpiece	NAK80	
Tool	Material	WC(ze502080, ze502100)
	Diameter (mm)	$\phi 8, \phi 10$
	Clearance angle($^\circ$)	4, 6, 8, 10
	R_{max} of land part(μm)	1.7, 4.7, 7.4
Cutting fluid	Dry	

공한다. 본 연구에서는 절삭저항을 측정하기 위하여 공구동력계를 사용하였으며, 얻어진 저항신호를 다채널 증폭기를 통하여 증폭시킨후, PC에 장착된 A/D 변환기에 의해 변환후 저항신호로 활용하였다.

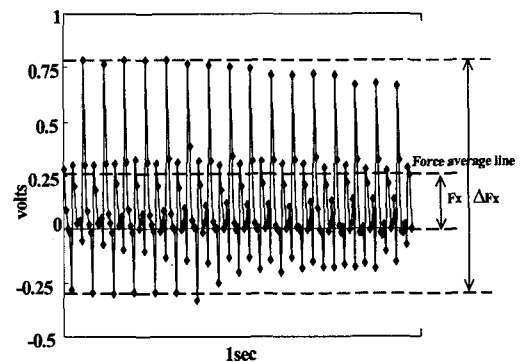
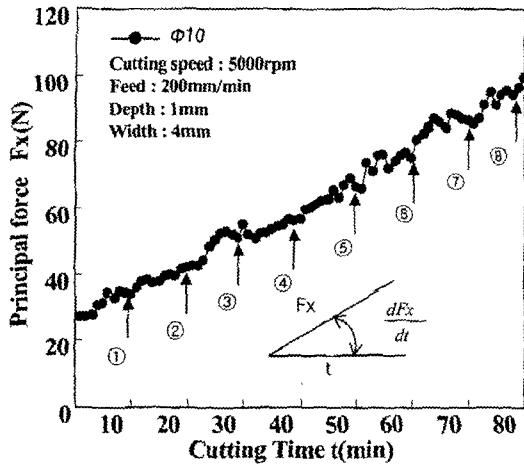


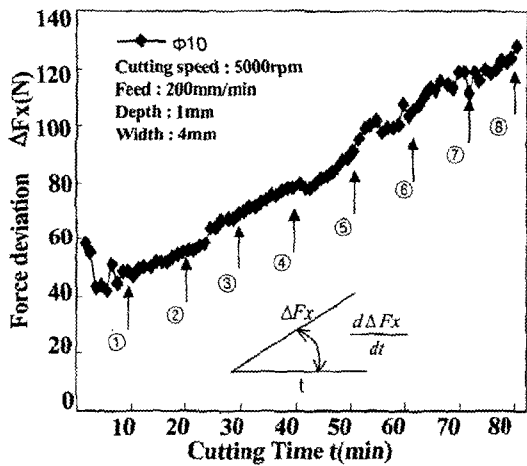
Fig. 3 Measured principal force

Fig. 3은 절삭가공 수행시 1초간에 변환된 저항신호의 양상을 보여주고 있다. Fig. 3에서 측정되어진 신호로부터, 그림에서 보는바와 같이 절삭저항의 평균값 F_x 및 절삭저항의 표준편차의

값 즉, 절삭저항의 변동폭 ΔF_x 를 계산하여 엔드밀의 성능평가에 활용하였다.



(a)



(b)

Fig. 4 Behavior of principal force and force deviation lapse of cutting time

Fig. 4의 (a), (b)는 절삭속도 5000 rpm, 피드 200 mm/min, 절삭깊이 1mm로 설정하여 절삭가공을 수행하였을 때 측정되어진 저항 신호로부터 계산되어진 F_x 및 ΔF_x 의 값을 1분 간격으로 절삭시간에 따라 plot한 그림이며, Fig. 5는 절삭시간을 10분간격으로 공구현미경에서 관찰하여, 절삭이 진행됨에 따른 공구인선의 변화를 관찰한 사진을 보여주고 있다. 또한 Fig. 6은 절삭시간의 증가에 대한 란드부의 마모폭 V_B 의 변화를 보이고 있다.

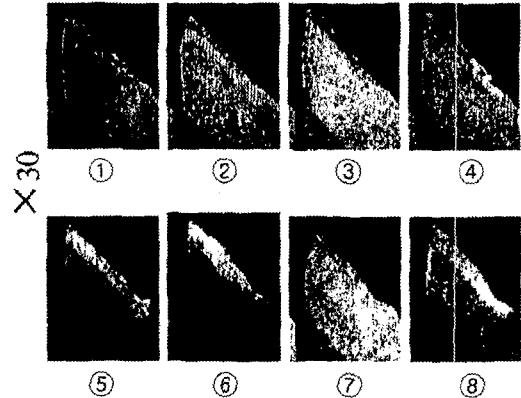


Fig. 5 SEM observation of cutting edge on endmill

그림에서 보는바와 같이, 절삭시간의 증가에 따라 F_x 및 ΔF_x 는 점진적 증가 추세를 보이고 있으며, 이는 엔드밀 인선부의 여유면 마모가 증가함에 따라, 절삭저항 및 절삭저항의 변동폭이 증가하고 있음을 시사하고 있다. 따라서 본 연구에서는 엔드밀의 각종 형상조건(랜드부의 표면조도 및 여유각의 변화)에 따른 F_x 및 ΔF_x 의 단위시간당 증가량 F_x/dt 및 $\Delta F_x/dt$ 에 착안하여 공구 성능을 평가하는 것으로 하였다. 또한, Fig. 5 및 Fig. 6에서는 Fig. 4의 결과가 란드부의 마모폭의 증가에 기인하는 것임을 뒷받침하는 것으로 판단되어진다.

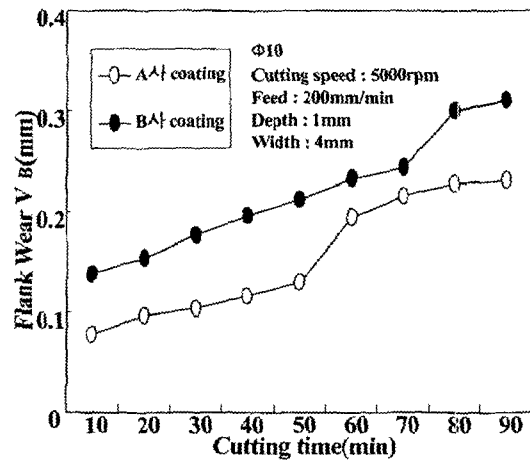


Fig. 6 Relationship between flank wear and cutting time

4. 랜드부의 표면조도 및 여유각과 엔드밀 성능과의 관계

엔드밀의 성능을 결정하는 중요한 요소로서 여러 가지가 있으나, 그중에서 특히 랜드부의 표면조도와 여유각을 들 수 있다. 랜드부의 표면조도가 나쁘면 가공을 진행하는 도중에 공구의 마모가 격심하게 일어난 것으로 예상되며, 여유각은 그 크기에 따라 절삭성과 공구수명에 직접적인 영향을 미칠것으로 사료된다.

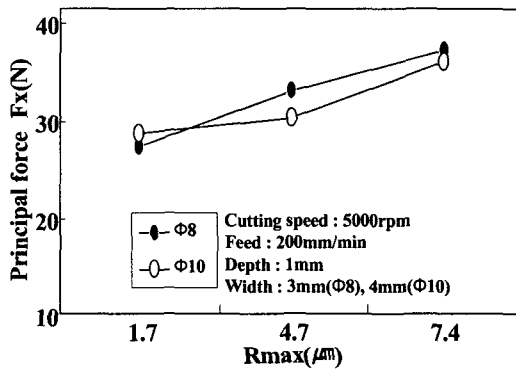


Fig. 7 Relationship between Rmax of land part and principal force

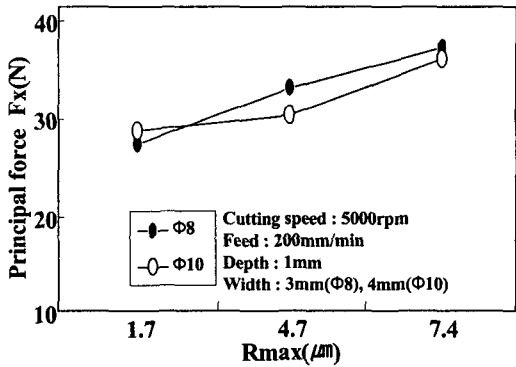


Fig. 8 Relationship between Rmax of land part and force increasing rate

Fig. 7은 랜드부의 표면조도 Rmax가 각각 1.7μm, 4.7μm, 7.4μm인 엔드밀을 사용하여 절삭가공을 하였을때, 주분력의 크기를 비교한 그림이다. 랜드부의 표면조도가 나빠질수록 가공중의 주분력의 크기가 증가함을 알 수 있다.

또한 Fig. 8은 랜드부 표면조도의 상이에 따른 단

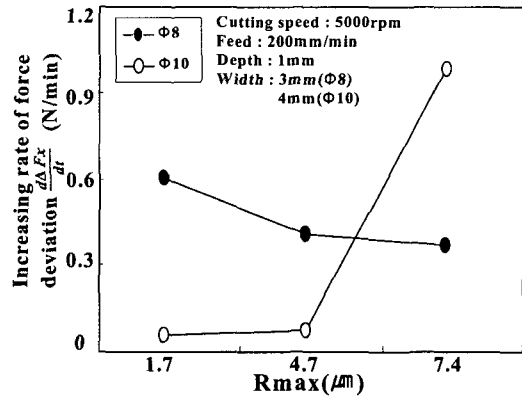


Fig. 9 Relationship between Rmax of land part and force increasing rate of force deviation

위시간당 주분력의 증가량을 나타낸 그림이며, Fig. 9은 표면조도의 상이에 따른 단위시간당의 주분력 변동폭의 증가량을 나타내고 있다. 표면조도의 증가에 따라 주분력의 증가량 및 주분력 변동폭의 증가량이 크게되는 것으로 보아 랜드부 표면조도가 커지면 가공시간의 증가에 따라 공구의 마모가 더욱 격심하게 되어 진다는 것을 알 수 있다. 따라서, 공구의 제작시 랜드부의 표면을 양호하게 연마할 필요가 있다.

Fig. 10은 엔드밀의 여유각이 4°, 6°, 8° 10°인 공구로 가공을 하였을 때 주분력의 크기를 나타낸 그림으로써, 인선의 여유각이 커지면 날이 예리하게 되어져 절삭저항이 작아짐을 알 수 있다. 그러나, Fig. 11 과 Fig. 12에서 보는바와 같이 주분력의 증가율 및 주분력 변동폭의 증가율을 보면 여유각이 커질수록 즉, 인선이 예리하면 할수록 여유면 마모율이 증가하여져 공구의 수명에는 좋지 않은 결과를 가져옴을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 초미립 WC제로 제작되어진 플랫엔드밀의 랜드부 표면조도 및 여유각을 변화시켜 합금공구강(NAK80)을 절삭하였을때 발생하는 절삭저항으로부터 단위시간당의 주분력의 증가량 및 주분력의 변동폭의 증가량의 관점에서 공구의 성능을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

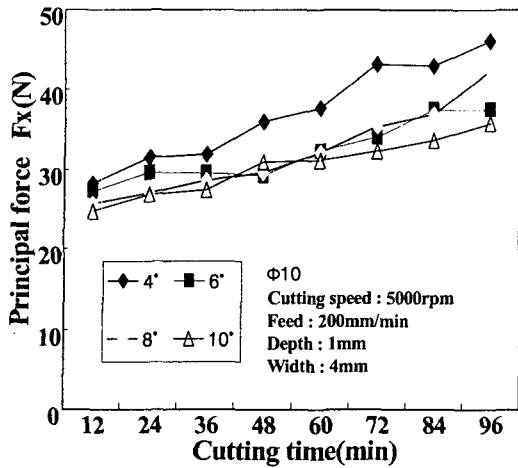


Fig. 10 Relationship between cutting time and principal force

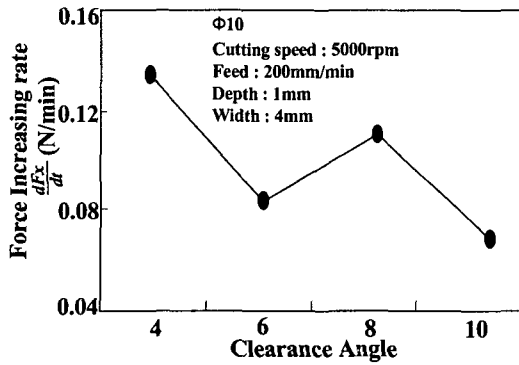


Fig. 11 Relationship between clearance angle and force increasing rate

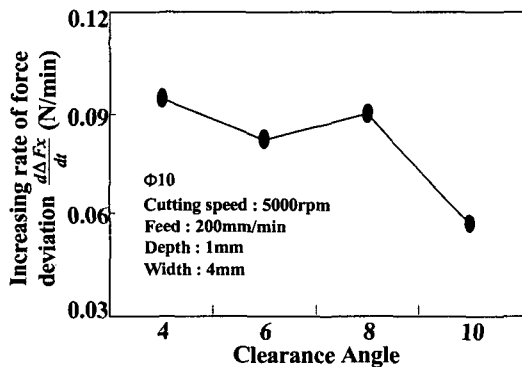


Fig. 12 Relationship between clearance angle and force increasing rate of force deviation

- (1) 단위시간당 공구의 성능평가를 수행함에 있어 절삭저항의 증가량 및 절삭저항의 변동폭의 증가량을 사용함이 타당하다는 것이 입증되었다.
- (2) 랜드부 표면조도는 공구의 마모에 큰 영향을 미친다. 공구제작시 랜드부의 표면을 좋게 할 필요가 있다.
- (3) 공구의 여유각의 증가는 공구의 성능을 개선시키나 공구 수명의 관점에서는 나쁜 영향을 가져옴을 알았다.

후기

본연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 창원대학교 공작기계기술연구 센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. 고성립, 배승민, 이상규, 김경배, 서천석 2000, "고속가공용 엔드밀의 형상설계에 관한 연구 (2)", 한국정밀공학회논문집, pp.300-304
2. 이재일, 이재문, 정용호, 이득우, "플랫 엔드밀을 이용한 미세 홈 가공에 관한 연구", 한국공작기계학회 2002 춘계학술대회 논문집 pp.209-214
3. 손창수, 강명창, 김정석, 이득우, 황경현, 김종관, "불 엔드밀을 이용한 난삭재의 고속가공 특성", 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, pp.139-142, 1997
4. R.C. Dewes, D.K. Aspinwall "High Speed Machining of Hardened Steels Using Coated Tungsten Carbide Ball Nose End mills" 1999 PTW TU Darmstadt
5. ツールエンジニア 編集部, 金夏龍 譯 "엔드밀의 모든것", 1997(성안당)