

초경 엔드밀에 의한 회주철(GC250)의 고속가공 특성(I)

Machining characteristic of gray cast iron in high speed machining
with tungsten carbide endmill

김정훈*, 김경수 (부산대 원), 강명창(부산대 기계기술연구소),
이득우, 김정석(부산대 ERC/NSDM), 배영한, 이수원(LG전자)

Jeong-hun Kim*, Kyeong-soo Kim(Grauated School, Pusan Univ.), Myeong-chang Kang(RIMT, Pusan Univ.),
Deug-woo Lee, Jeong-suk Kim,(ERC/NSDM, Pusan Univ.), Yeong-han Bae, Su-won Lee(LG electronics)

Abstract

High speed machining is one of the most effective to improve machining accuracy and product in dies and mould. But a study on this is limited to Alumium, light metal etc. This paper presents machining characteristic of gray cast iron in high speed machining with tungsten carbide endmill.

It is suggested to measure cutting force, tool wear, surface roughness, surface shape and select of optimal cutting condition in the high speed machining of gray cast iron. Performance of high speed machine tool was estimated and the relationship between cutting phenomenon and machinability was described.

Key Words : Tungsten carbide flat endmill(초경 플랫 엔드밀), High speed machining(고속가공),
Gray cast iron(회주철), Tool wear(공구마멸), Surface roughness(표면거칠기)

1. 서 론

최근 가공기술의 발달로 제품에 대한 생산성 향상 및 고정밀도의 요구가 급증되어 외국에서 뿐만 아니라 국내에서도 고속가공에 관한 연구가 성행되고 있다. 이러한 고속가공의 연구는 머시닝센터 주축의 고속화와 이송속도의 고속화를 가능케 했는데 이러한 연구는 알루미늄 합금 등의 일부 경금속을 대상으로는 급격히 보급되고 있고, 최근에는 난삭재에도 이러한 연구가 진행되어지고 있다.⁽¹⁾

고속가공을 실현하기 위해선 공작기계의 강성, 공구의 재질 및 형상, 적정 가공조건 선정 등의 문제를 해결해야 한다.⁽²⁾

고속가공에 있어서 과도한 인선환경(절삭열, 마찰열, 절삭온도 등)에 의해 공구마멸이 극심하므로 공구는 대체로 CBN공구나 코팅된 초경공구를 많이 사용하고 있고, 특히 회주철의 고속가공에서는 CBN 공구를 많이 사용하나 고가이기에 사용상에 제한이 따른다. 일반적으로 회주철은 가공성이 양호하고, 열팽창계수가 크고, 용착물이 생기기 어려워 절삭성이 양호하여 고속가공이 가능하다고 알려져 있다.⁽³⁾

따라서 본 연구는 초경엔드밀과 회주철(GC250)을 대상으로 고속가공에 의한 공구마멸, 표면조도 및

표면형상을 측정하기 위해 먼저 실험에 사용한 공작기계의 진동특성을 조사하였으며, 이를 바탕으로 고속가공 특성에 대하여 알아보하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

본 실험에서는 고속가공기(MAKINO V-55)에 의한 플랫 초경 엔드밀로 실험하였다. Fig. 1은 실험장치도이다

공구동력계(Kistler사 Model 9257B)는 공작물인 회주철 밑부분에 설치하여 절삭력의 정적인 성분을 측정하였고, 옆의 마멸용 시편을 이용해 공구마멸 실험을 하였으며 가속도계(B&K사 Model 4370)는 주축 스피indle에 이송방향(X), 반경방향(Y)에 부착하여 진동의 진폭 신호를 획득하였다. 일정거리의 가공 후마다 공구마멸을 측정하였다. 공구의 마멸을 측정시 공구의 착탈시 생기는 런아웃(Run-out)의 영향을 줄이기 위하여 공구가 장착된 상태에서 CCD카메라를 이용하여 영상신호를 모니터에 입력

후 프린터하였다. 그리고 가공거리에 따른 표면거칠기와 표면형상을 표면측정기(Mitutoyo사 SV-400)를 이용해 측정하였다.

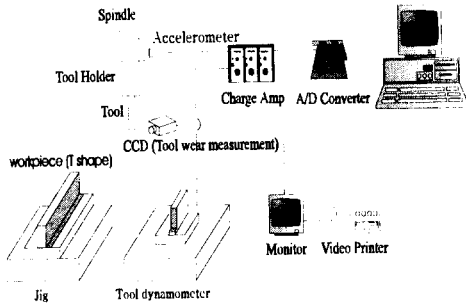


Fig. 1 Experimental set-up

실험에 사용된 공작물의 주요성분과 경도는 Table 1에서 나타내었고, 공구는 초경 플랫 엔드밀, 비틀림각 30°, 6날이다.

Table 1 Chemical composition and hardness of workpiece

workpiece	Chemical composition(wt%)					hardness (HRc)
	C	Si	Mn	S	P	
GC250	3.19	2.57	0.62	0.09	0.11	22

2.2 실험방법

가공에 이용했던 공작물형태는 길이 150mm, 높이 50mm의 “L”형으로 건식으로 하향절삭(down cut)을 행하였고 측면과 밑면을 동시 가공하였다. 즉 엔드밀의 축방향 가공깊이 27mm에 다시 일정한 반경방향과 축방향으로 절입량을 주어 가공하였다.

본 실험을 하기 전에 먼저 적정 가공조건을 선정하기 위하여 고속가공기의 진동특성 평가실험(type 1)을 행하였으며 그 결과를 바탕으로 절삭력, 표면조도 및 표면형상, 가속도 특성 조사하기 위해 실험(type 2)을 행하였고, 그 때의 절삭조건은 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Cutting conditions

	Spindle revolution (rpm)	Cutting speed (m/min)	Feed-per tooth Sz (mm/tooth)	Axial depth (mm)	Radial depth (mm)
type 1	6000	190	0.022	0.02	0.03
	~	~	0.027		
	18000	580	0.033		
			0.038		
type 2	7000	220	0.033	0.03	0.03
	9000	283			
	11000	346			
	13000	410			

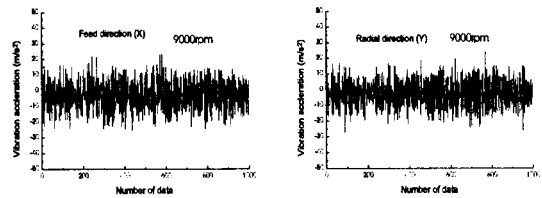
3. 실험 결과

3.1 고속가공기의 특성 평가

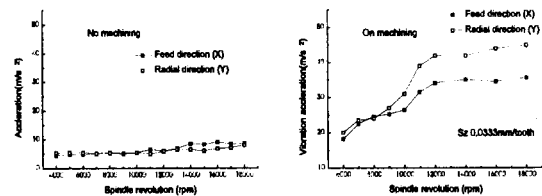
3.1.1 회주철 가공시 가속도와 절삭력 특성

Fig. 2(a)는 가공 중 발생하는 가속도 신호의 파형을 나타낸 그림이며, (b)는 가공전과 가공중의 절삭속도에 따른 가속도 신호의 변화를 나타내었다.

공회전수는 진폭의 크기가 주축 회전수의 변화에 대해 거의 일정하며, 가공 중에는 6000~10000rpm에서는 가속도 진폭의 서서히 증가하나, 10000rpm이후부터는 진폭이 크게 증가하는 경향을 보인다. 따라서 본 공작기계의 진동 특성상 안정적인 주축회전수는 6000~10000rpm영역일 것이라 생각되며, 이송방향의 강성이 크다는 것을 알 수 있다.



(a) Acceleration waveform according to each cutting direction



(b) Acceleration signal according to spindle-rev

Fig. 2 Vibration of acceleration signal according to cutting speed

3.1.2 회전수 및 날당 이송량에 따른 표면조도

Fig. 3은 밀면과 측면을 동시에 가공할 때 날당 이송량에 대한 표면거칠기의 변화를 나타내었다. 표면거칠기는 10점 평균거칠기 Rz로 3회 측정하여 나타내었는데, 여기서 측면은 밀면보다 거칠기가 양호하고 거의 일정한 경향을 보이므로 고속가공이 가능하지만, 밀면의 거칠기에 따른 영향을 고려해야 한다. 즉, 일반적으로 절삭속도가 증가할수록 날당 이송량이 감소할수록 표면조도는 좋아지는 경향을 보이나, 절삭속도의 증가는 급격한 공구마멸을 초래한다. Fig. 2에서도 날당 이송량이 동일한 조건에서 고속일수록 거칠기가 양호해지고, 날당 이송량이 0.033mm/tooth일 때 안정적인 경향을 보이고 있다. 따라서 이 값을 날당 이송량으로 고정하고 회전수의 변화에 따른 여러가지 실험을 하였다.

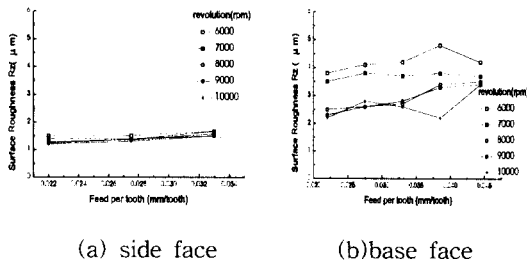


Fig. 3 Variation of surface roughness according to feed per tooth

Fig. 4는 회전수의 증가에 따른 3분력 방향의 절삭력의 크기를 나타낸 것이다. 절삭력은 주분력에 해당하는 이송방향의 분력이 크며, 회전수의 증가에 따라 증가하는 경향이 보인다.

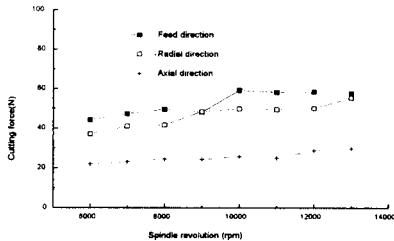


Fig. 4 Variation of cutting force according to cutting speed

3.2 회주철의 고속가공 특성

3.2.1 가공거리에 따른 공구마멸과 공구수명

Fig. 5는 절삭속도에 따른 공구마멸을 나타내었다. 측면과 옆면을 동시에 절삭하기에 옆날(Side cutting edge)과 밑날(Base cutting edge)을 측정하였는데 옆날의 마멸량은 밑날에 비해 그다지 크지 않아 공구수명을 판단하는 기준은 밑날에 관점을 두고 관찰했다. 절삭속도가 7000rpm과 9000rpm에서 공구마멸의 진전이 가공거리에 따라 거의 일정하나 11000rpm과 13000rpm에서는 급격히 증가함을 알 수 있다. 즉, 7000과 9000rpm에서는 가공거리 70~80m에 마멸량이 0.2mm이지만 11000, 13000rpm에서는 15~20m에서 같은량의 마멸이 나타났다. 여기에서 9000rpm에서의 마멸과 달리 11000rpm에서의 급격한 마멸은 Fig. 2(b)의 가속도 신호에서 가공이 불안정하다고 예측한 결과를 반영하고 있다. 그리고 절삭속도가 11000rpm에서는 가공거리 7.5m 후 측면에서 가공초기에 없었던 채터현상이 발생하였다.(Fig. 6(b)).

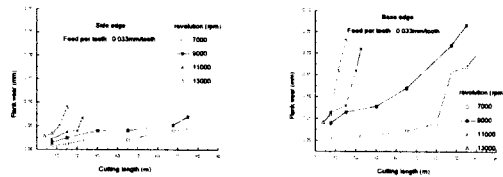


Fig. 5 Wear characteristic of cutting edge according to cutting speed

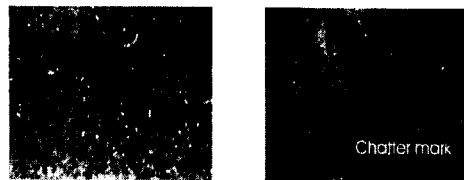


Fig. 6 Surface after machined according to spindle revolution

Fig. 7은 절삭속도에 대한 공구수명과 총 가공거리당 칩제거량 M.R.R(Metal Remove Rate))을 나타낸 것이다, 이 때의 공구수명 기준은 밑날의 플랭크 마멸 $V_{Bmax}=0.2mm$ 를 기준을 설정, 절삭속도의 증가에 대해 기준 공구수명이 감소하는 경향을 보인다.

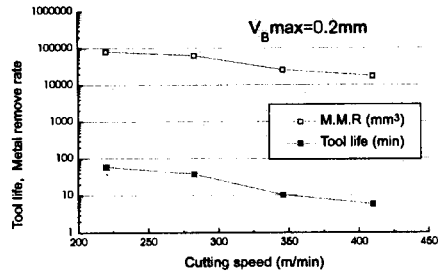


Fig. 7 Tool life and M.R.R according to cutting speed

Fig. 8은 기준 공구수명에 대해 각 절삭조건에 대한 공구마멸의 사진을 나타낸 것이다. (b)조건에서는 가공 중 불꽃이 발생하였고, 이러한 마멸현상은 열에 의한 마멸이라고 생각되어진다.

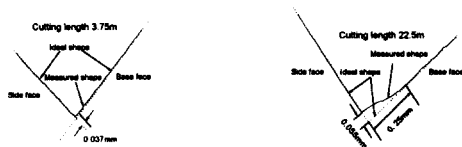


(a)9000rpm(380pass) (b)11000rpm(150pass)

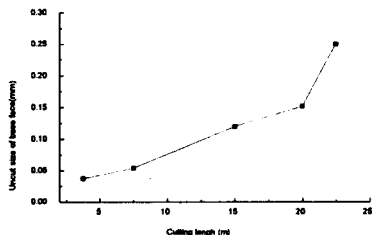
Fig. 8 Photograph of tool wear in tool life

3.2.2 회주철의 표면형상, 조도 특성

Fig. 9는 가공면의 측면과 밑면사이에 표면형상과 가공거리에 따른 밑면의 언컷크기를 나타내었다. 초기에는 직각이었던 가공면이 공구의 진동과 마멸의 영향으로 직각도가 틀려짐을 알 수 있었다.



(a) Surface shape according to cutting length



(b) Uncut size of base face

Fig. 9 Surface shape and uncut size at 11000rpm

Fig. 10은 공구수명까지의 가공거리에 따른 절삭속도와 표면거칠기의 관계를 나타낸 것이다. 회전수의 증가에 따라 표면거칠기는 가공거리의 관점에서 좋아지는 경향을 보이나, 상대적으로 공구수명은 나빠지는 결과를 보인다. 한편, 9000rpm일 때가 표면거칠기와 공구수명 관점에서 가장 좋다는 것을 잘 반영하고 있다.

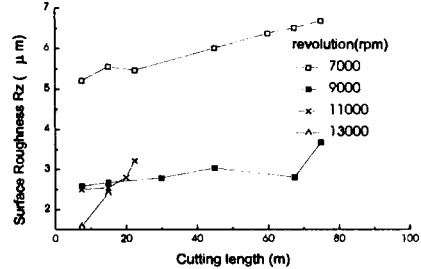


Fig. 10 Surface roughness according to cutting length

4. 결 론

초경 플랫 엔드밀에 의한 회주철의 고속가공 특성에 대해서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 진동신호의 가속도 특성은 절삭속도가 증가함에 따라 증가하지만 6000~10000rpm에서는 안정적이었다.
- (2) 표면거칠기가 급격히 증가하는 임계 날당 이송량이 존재함을 알 수 있었다.
- (3) 9000rpm일 때 표면거칠기와 공구수명 관점에서 가장 좋다는 것을 잘 반영하고 있음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) Tosnimichi Moriwaki "High-speed Machining" CIRP, 4(2),1992
- (2) K.Okuni, "超高速切削加工を可能にする工具材種", 型技術 세미나, 1992
- (3) 有本 浩, "工具から見た高速切削の現状と課題" JSPE, 第210回 講習會, 1994