

고속가공을 통한 커넥팅 로드용 금형 가공

임유엽*(부산대 대학원), 김정석, 강명창, 이득우, 정용호(부산대 ERC/NSDM)

Die and Mold Making for Connecting Rod Parts through High Speed Machining

Y. U. Lim(Graduate School, Pusan National Univ)

J. S. Kim, M. C. Kang, D. W. Lee, Y. H. Jeong(ERC/NSDM, Pusan Univ)

ABSTRACT

Recently, there are lots of applications in machining dies using CAD/CAM systems, which results in reduction of machining time and rising of machining efficiency applying high speed machining and high quality machining. Investigation of machinability is necessary in order to apply high speed machining. In machining complicate 3D model such as connecting rod die, the need of high speed machine and coated tool is requested recently in this field. This paper introduce the database of high speed machining to improve machining efficiency of connecting rod die.

Key Words : High Speed machining(고속가공), Connecting Rod(커넥팅 로드), Tool Wear(공구마멸), Surface Roughness(표면조도), Die and Mold(금형)

1. 서론

고속가공기가 발달하고 코팅공구 제작 기술이 진전되면서 최근 선진국에서는 금형가공시 생산성 향상을 위해 CAD/CAM 시스템 등 컴퓨터를 이용한 가공의 자동화에 주력하고 있는 실정이다. 그리고 최근 도입된 “고속절삭”, “고정도, 고품위 가공(FF가공)”, “FP 가공” 등에 의해 가공시간 단축과 가공능률 향상 그리고 고품위 가공면에 대한 연구가 꾸준히 지속되어왔다. 하지만 국내에서는 고속가공에 대한 연구 및 적용이 아직은 미비한 실정이다. 따라서 고속가공기 및 고속가공용 공구 개발에 대한 연구가 시급히 요구되고 있으며, 이러한 기술들은 즉시 생산현장에 적용되어 생산성을 획기적으로 증대시킬 수 있을 것으로 보인다.

최근 국내에서도 자동차 커넥팅로드와 같은 복잡한 3차원 금형의 제작을 위해서 경제성 및 생산성을 극대화시킬 수 있는 고속가공기의 필요성이 대두되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 열처리된 고정도재에 이러한 고속가공기술을 적용시켜 복잡한 3차원 형상의 커넥팅로드 금형을 고속 불엔드밀(TiAlN 코팅 공구)

을 사용하여 가공함으로써 가공시간을 기존의 방전가공에서보다 단축시킴은 물론 경제성 및 생산성을 극대화시킬 수 있는 고속가공의 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

커넥팅 로드용 열간단조 금형을 제작할 때 기존의 가공법은 전극가공, 방전가공, 사상가공 등 세 공정을 거치게 된다. 총 가공시간은 20시간이 걸리며 공작물 재질은 고정도 금형강(SKD61, HRC52)이다. 본 연구에서는 기존의 가공법을 고속가공으로 대체함으로써 공정을 하나의 공정으로 단축시키고, 이로 인해 가공시간 단축 및 고능률, 고정밀 가공을 목표로 하였다.

Fig. 1에 본 연구의 흐름도를 나타내었다. Unigraphics를 이용하여 제품에 대한 3차원 모델링을 수행한 후, 모델링 형상과 치수에 따른 절삭공구 및 절삭조건을 가지고 최적의 공구경로를 생성하게 되고 NC데이터로 출력하게 된다. 이렇게 얻어진 NC데이터를 이용하여 주축 최대회전수 20,000rpm, 최대 이

회전속도가 50m/min인 고속 머세닝센터 (Makino V55) 이 전송하여 제품에 대한 가공을 수행한다. 이때 Makino의 ATC를 이용하여 모든 공정이 자동으로 이루어지게 한다.

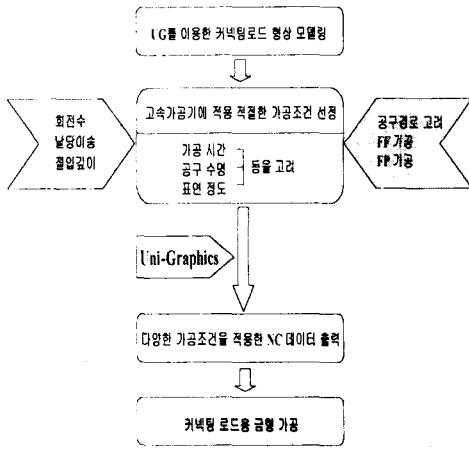


Fig. 1 Flow chart of experiment

Fig. 2에 본 연구의 실험장치도를 나타내었다. UniGraphics를 이용하여 커넥팅 로드 금형의 3D모델링을 수행한 다음 다양한 공구경로나 가공조건을 적용시켜 가공 시뮬레이션을 수행한다. 가공 시간, 공구 수명, 표면 정도 등을 고려하여 각각의 공구에 대한 회전수, 날당 이송, 절입 깊이 등을 결정한 후 이에 따른 NC데이터를 출력한다. 최적의 NC 데이터를 출력한 후 PC와 네트워크로 연결된 고속가공기에 전송하게 되고, 주 프로그램에서 부 프로그램의 형태로 호출하였다.

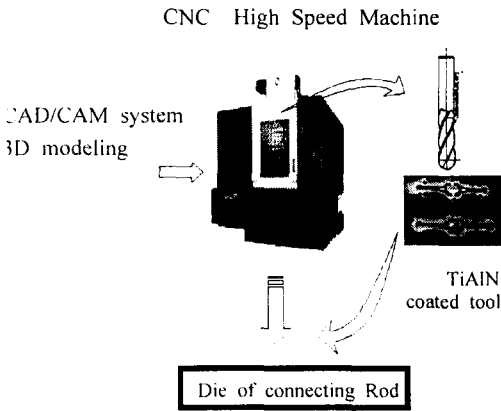


Fig. 2 Experimental setup

2.2 실험방법

2.2.1 커넥팅 로드 형상 모델링

UniGraphics를 이용하여 커넥팅 로드 형상을 CAD도면의 치수를 기반으로 하여 Fig. 3과 같이 모델링하였다.

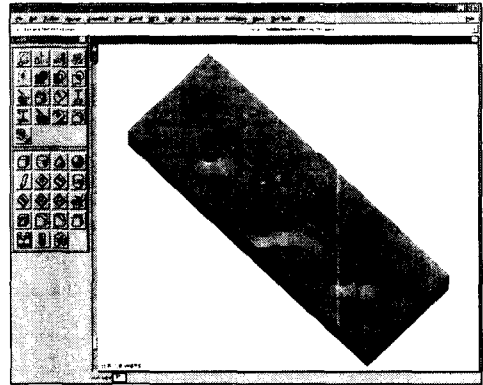


Fig. 3 Modeling of connecting rod

2.2.2 가공조건 선정

공구 직경별로 가공조건을 선정하는데 있어서 최초의 기준은 고속가공에서 일반적으로 적용되고 있는 조건을 적용하였다. 즉 절입량의 경우 공구 직경의 1/10, 피크피드는 직경의 1/2으로 하였다. 가공조건은 가공시간과 가공 후 표면조도, 공구마멸로 인한 경제성 등을 고려하여 Table 1과 같이 선정하였다.

Table 1 Cutting conditions

TOOL	CUTTING CONDITION			
	RPM	FEED (mm/min)	PICK FEED (mm)	DEPTH / CUT (mm)
10	8000	3200	4	0.5
	8000	3200	4	0.2
8	8000	3200	1	0.5
10	8000	2800	2	0.25
4	16000	2800	0.15	0.15
3	16000	3000	0.15	0.15

2.2.3 NC가공

Fig. 4와 같이 8 ϕ 볼앤드밀을 이용하여 커넥팅 로드 형상을 황삭가공한 후 4 ϕ 볼앤드밀로 정삭가공을 하고, 나머지 잔삭부위를 3 ϕ 볼앤드밀을 이용하여 가공하였다.

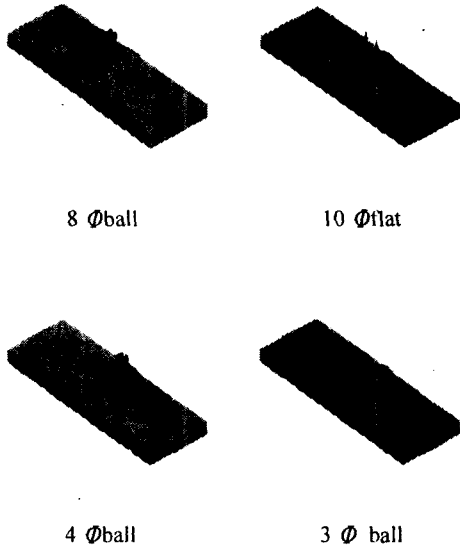


Fig. 4 NC machining process

3. 실험결과 및 고찰

3.1 가공시간

기존의 가공방법인 전극가공, 방전가공, 사상가공의 공정을 거쳐 커넥팅 로드 금형을 가공하는 것과 고속가공을 이용해서 커넥팅 로드 금형을 가공했을 때 가공시간의 비교를 Fig. 5에 나타내었다.

그림에서 알 수 있는바와 같이 기존의 20시간의 가공을 3시간 54분으로 단축시킴으로써 80%의 가공시간 단축효과를 얻었다

Table 2는 각 공구별 가공시간을 나타낸다.

General Machining	4	8(12)	8(20)
	Electrode	EDM	Finish Machining
FF Machining	High Speed Machining	20시간	
			3시간 54분

Fig. 5 Comparison of machining time

Table 2 Machining time

가공부위	사용공구	가공시간 (분)	
		상형	하형
태두리	10mm Ball	18	54
커넥팅 로드 형상	8mm Ball	26	
	8mm Ball		26
	10mm Flat	10	
	10mm Flat		10
	4mm Ball	26	26
	3mm Ball	19	19
커넥팅 로드 가공시간		3시간 54분	

3.2 표면조도 및 표면형상

커넥팅 로드 금형을 가공한 후 그림과 같이 세 부위에 대하여 표면조도를 측정하였다. Fig. 6은 커넥팅 로드 금형의 각 부위별로 표면조도를 측정된 결과를 보여주고 있다. 그래프에서 알 수 있는바와 같이 10점 평균거칠기인 R_a 값에 비하여 최대 표면 거칠기 R_{max} 이 큰 차이가 없음을 알 수 있는데, 전체적인 표면거칠기가 균일하다는 것을 나타내고 있다.

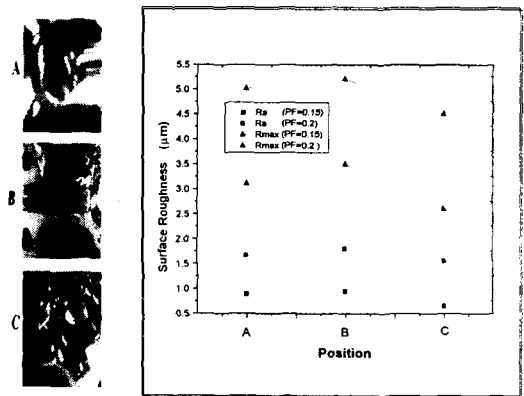


Fig. 6 Result of surface roughness test

Fig. 7은 커넥팅 로드 금형을 가공한 후 각 부위의 표면에 대하여 현미경 사진을 촬영한 것이다. 표면 정도에는 이상이 없는 수준이지만, ②, ③, ⑤부위가 상대적으로 표면 형상이 나쁜 것을 볼 수 있는데, 이는 등고선 가공에 따른 상대적 절입깊이 증가에 따른 것이다.

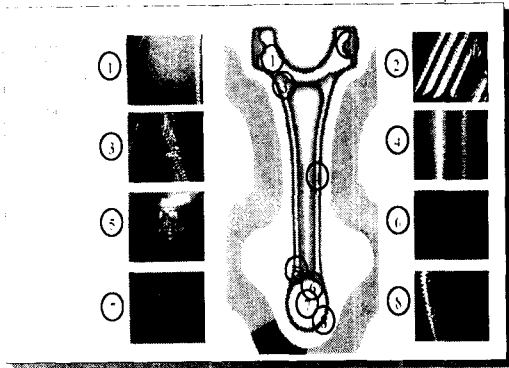


Fig. 7 Machined shape of die

3.3 공구마멸

Fig. 8은 커넥팅 로드 금형 1set를 가공한 후 공구의 플랭크 마멸량을 측정된 그림이다. 볼엔드밀의 경우에는 더 이상의 가공이 충분히 가능할 정도로 마멸량이 적은 반면에 플랫 엔드밀의 경우는 마멸이 극심함을 알 수 있다.

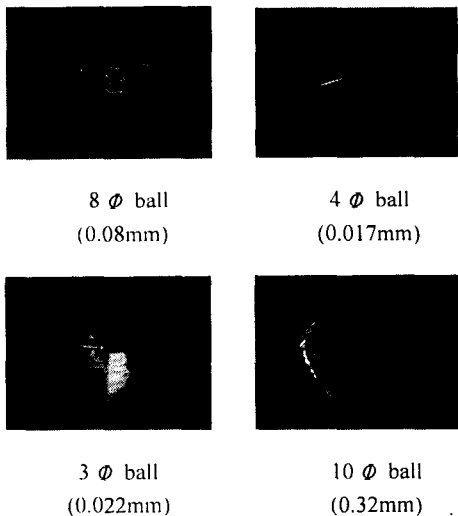


Fig. 8 Photo of flank wear

이상의 연구를 통해 얻어진 커넥팅 로드용 금형의 형상을 Fig. 9에 나타내었다.

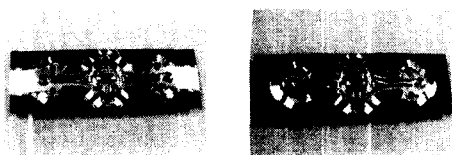


Fig. 9 Photo of connecting Rod Die and Mold

4.결론

자동차 부품용 커넥팅 로드 금형 가공시 고속가공을 적용함으로써 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) Unigraphics를 이용하여 커넥팅 로드 금형을 모델링 하였고, NC데이터를 생성하였다.
- 2) 표면조도와 표면형상은 전체적으로 양호한 상태를 나타내었으나, 일부 곡률 기울기가 급격한 부위에서는 공구경로를 다르게 하여 가공할 필요가 있다.
- 3) 공구마멸의 형태는 칩핑이나 이상마멸이 아니고, 정상마멸을 나타내고 있어서 안정된 가공조건임을 알 수 있다.
- 4) 고속가공을 적용함으로써 전체 가공시간을 20시간에서 3시간 54분으로 약 80% 단축시켰다.

이번 커넥팅 로드 금형의 재질(SKD61) 이외의 다양한 피삭재 소재별로 가공성 평가를 통한 최적의 절삭조건 도출이 필요한데, 이를 통해서 공구마멸과 3분력 절삭력을 측정하고, 표면 정도와 형상 정밀도가 기대 범위내에 들게 공구 경로와 주축 회전수, 피드, 피크피드를 결정하여서 가공시간을 단축시키고, 공구수명을 향상시킬 수 있으며, 이를 통해서 생산비 절감효과를 얻을 수 있다.

참고문헌

1. T.Morowaki, "High Speed Machining", CIRP, Vol.41, 1992
2. H. Shut, "High Speed milling of Dies and Moulds-Cutting Conditions and Technology", CIRP, Vol.44, 1995
3. C.Salmon, "Process for the Machining of Metals of similarly Acting Materials When being worked by Cutting Tools", German Patent No. 523594, 1931
4. Kishname, Tet all, "On Relationship between Cutting Edge Shape of Circular Cutting Edge Ball End Mill. J. of JSPE, Vol.48, No.7, pp.68~74, 1982
5. C. C. Tal, K. H. Fhu, "Model for Cutting Forces Prediction in Ball End Milling", Int. J. Mach. Tools & Manufacturing, Vol. 35, No. 4, pp. 54~55.
6. C. N. Chu, S. Y. Kin, J. M. Lee, "Feed-Rate Optimization of Ball End Milling Considering Local Shaoe Feature", CIRP, Vol. 46, pp.433~436, 1997