

상용 CAM시스템을 활용한 금형형상부(CORE/CAVITY)의 가공에 관한 연구

한 규 택 (부경대 기계·자동차공학부), 서 중 근* (부경대 대학원)

A Study on the Machining of Die Profile(Core/Cavity) using the CAM System

K.T. Han (Pukyong National Univ.) , J.K. Seo* (Graduate School, Pukyong Univ.)

ABSTRACT

Recently, manufacturing industries, specially connected with car are doing their best to increase productivity and to reduce production time. This paper deals with the machining of profile(core/cavity) of mold die using the commercial CAM system.

In this study, the effect of machining condition on precision of die profile is investigated by experimental observation and analysis.

1. 서론

금형은 소성가공, 주조, 사출성형 등 많은 생산분야에서 핵심적인 요소이며, 급격한 산업발전과 소비자들의 욕구의 다양화로 제품의 주기가 짧아짐에 따라서, 보다 신속한 금형제작기술이 요구되고 있으며 또한 금형제품이 점차 고기능화하고 복잡화함에 따라 금형제작 현장에서는 가공정밀도 향상, 납기단축, 코스트 다운 등의 절실한 요구에 대응하기 위하여 CAD/CAM시스템 도입에 의한 설계 및 가공의 합리화가 점차 불가피하게 되었다.

특히, 3차원의 곡면이나 타부품과의 끼워맞춤, 피팅(fitting)의 정밀도 등 금형의 품질은 정밀도 측면에서 눈부신 발전을 하고 있어서 종래 작업자의 기술, 기능에 의존하고 있던 가공의 많은 부분이 CAM 시스템으로 대체되고 있는 추세에 있다.

CAM은 Computer Aided Manufacturing의 약어로 제조에 있어서 컴퓨터 지원에 관한

기술의 모든 것을 포함하는 넓은 의미의 개념을 가지고 있다. CAM의 기능으로는 곡선정의 기능, 곡면정의 기능, 가공지령 기능 및 사용자의 편의를 위한 인터페이스 기능, 가공오류 검정기능 등을 들 수 있다.

금형의 제작에 있어서 종래에 흔히 사용하던 모방가공은 원하는 표면거칠기의 정도를 내는데 한계가 있고, 또한 숙련공의 부족, 인건비의 상승이라는 노동력문제도 있어서 고정밀도의 제품을 제작하는 것은 매우 곤란했었다. 그러나 최근에 와서는 CAD/CAM의 기술을 효과적으로 도입함으로써 금형 제작에서의 원가절감, 고정밀화, 납기단축 등의 효과를 얻을 수 있게 되었다.

한편 90년대 이후 컴퓨터 시뮬레이션 기술의 진보에 의해 개발된 다양한 상용프로그램을 기반으로 하는, CAD/CAM 시스템을 도입하여 제품의 설계단계부터 금형설계 및 양산과정에 이르기까지 효과적으로 금형을 제작하는 일이 금형관련 산업현장에서 많이 추진되고 있는 현황^{8)~13)}을 볼때, CAM시스템을 이용하여 효율적으로 금형형상부를 가공하는 방법에 관한 연구^{1)~7)}는 매우 중요하고 필요한 과제라고 하겠다.

이런 의미에서 본 연구는 금형업체에서 많이 활용되고 있는 상용 CAD/CAM 시스템인 DUCT를 이용하여 금형형상부를 모델링한 후 가공경로, 공구의 가공방향(상향,하향) 및 공구의 직경 등 가공조건을 달리하여 머시닝 센터의 작업을 통하여 금형형상부를 가공한 후, 금형형상부의 표면조도를 비교분석하여 금형형상부의 가공특성을 고찰하였다.

2. 본론

2.1 DUCT 특징

DUCT는 SURFACE개념의 CAM 시스템으로서 와이어모델의 요구없이 면이 생성되고 직접 면의 조작이 가능하며, 면의 자동절단, 브렌딩(blending), 필렛팅(filleting)이 되며, 복잡한 면의 생성에 유용하다. 또한 빠르게 면을 생성할 수 있으며, 어느면에서도 투시할 수 있다는 특징이 있다.

2.2 CAM시스템의 작업과정

먼저, 만들고자 하는 제품구상이 선행되어야 한다. 제품구상에 이어 형상설계, 즉 모델링 작업을 하게 되는데 본 연구에서는 플라스틱 금형에 관한 것으로서 그의 용도 및 형상에 적합한 각종 조건을 부여하여 모델링 작업을 한다. 모델링작업이 끝나면 가공조건, 즉 공구선택, 정밀도 및 가공여유를 부여한다. 그리고 DNC장치와 연결해서 가공을 하게 된다.(Fig.1) 이러한 일련의 작업과정중 기본이 되는 과정을 Fig.2에 나타내었다.

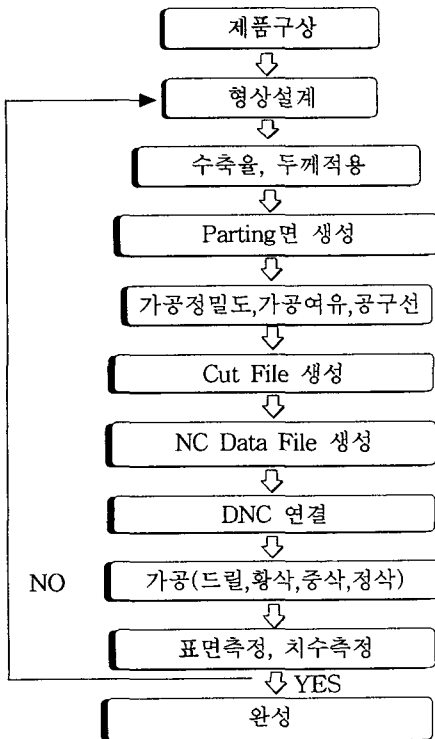


Fig.1 Flow chart of CAM system

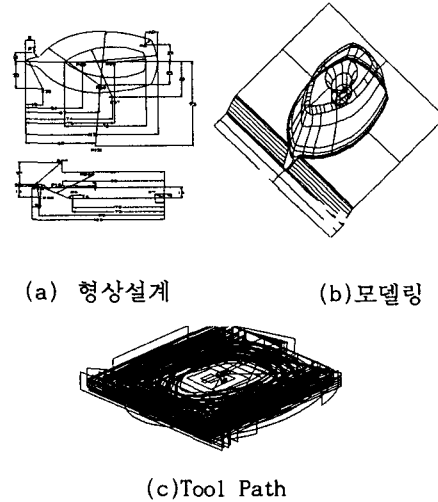


Fig.2 CAM작업의 기본과정

2.3 상승이송가공과 하강이송가공의 효과

하강이송가공과 상승이송가공은 피삭재의 재질 및 공구의 재질에 따라 큰 차이를 보이는데 Fig.3과 같이 [A]하강이송의 경우는 공구에 큰 하중이 걸리므로 피삭재의 경도가 무르거나 경도가 높은 재질(초경 엔드밀)인 경우에 사용되며, 표면조도가 양호한 반면에 공구마모가 심하다. 날끝부의 절삭초기에는 절삭두께가 영(0)에서 시작하여 끝날 때에는 최대에 도달한다. 그리고 [C]상승이송의 경우에 큰 하중은 걸리지 않고 공구 마모면에서 [A]하강이송의 경우보다 덜하지만 표면조도면에서는 [A]하강이송보다 못하다. 그러나, 일반 금형업체에서는 공구마모에 의한 비용을 많이 고려하기 때문에 [C]상승이송을 선호하는 편이다.

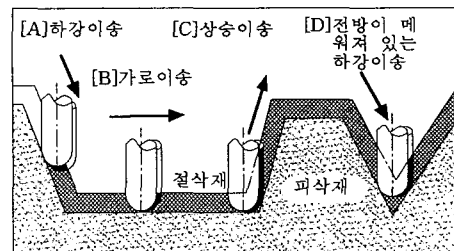


Fig.3 상승이송가공과 하강이송가공

2.4 공구직경의 변화에 따른 효과

공구직경의 변화에 따른 표면조도 및 CNC 데이터량의 변화는 Fig.4의 (a)와 같이 작은 R공구를 사용하게 되면 데이터량이 증가하게 되고 가공속도도 또한 늦어진다. 반면에 피치량을 크게 하더라도 cusp높이는 동일하기 때문에 (b)와 같이 큰 R공구를 사용하게 되면 CNC 데이터량 및 가공속도가 빨라진다.

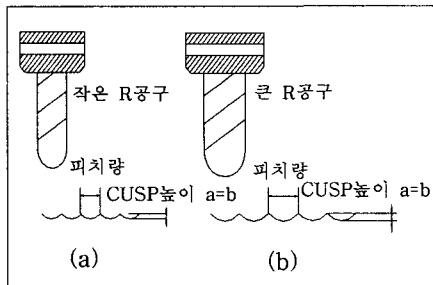


Fig.4 대공구와 소공구

2.5 가공경로(tool path)에 의한 효과 가공경로의 선택에 따라 가공면의 표면조도는 영향을 받는데 본 연구의 휠 커버(Wheel cover)의 정삭가공에 있어서도 Radial 방식(Fig.5)과 Raster 방식(Fig.6)을 적용하여 가공한 후 각각의 표면 상태를 분석해본다.

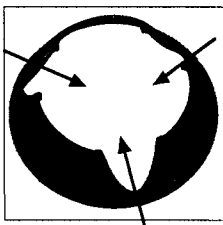


Fig.5 Radial 방식

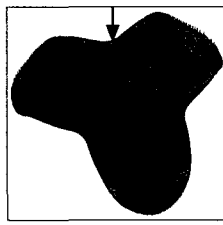


Fig.6 Raster 방식

3. 실험장치 및 방법

본 실험에 사용된 기계는 3축가공용 머시닝센터로서 그 사양은 표1과 같다.

또한 금형형상은 배(boat), 자동차의 휠커버(wheel cover)의 2종류로 하여 코어 및 캐비티 부분을 가공하였다.

가공에 사용된 공구는 Ø10 볼엔드밀, Ø10 평엔드밀, Ø3 볼엔드밀, Ø3 평엔드밀, Ø15 드릴을 사용했으며 재료는 PE 수지를 채택

하였다. 표2는 PE수지의 절삭조건을 나타내며 표3은 PE수지의 특성을 나타낸다.

표1 머시닝센터의 주요사양

사양	단위	치수
작업면적	mm	1300×410
TABLE 적재 중량	kg	800
좌우(X축)이동거리	mm	820
전후(Y축)이동거리	mm	435
상하(Z축)이동거리	mm	485
주축단에서 TABLE 상면까지 거리	mm	115~600
급속 이송속도	mm/min	12,000
절삭 이송속도	mm/min	1~5,000

표2 PE수지의 절삭조건

작업공구	피삭재	절삭속도(m/min)		이송(m/rev)
		HSS	초경(KTP)	
드릴	플라스틱	40~100	60~150	0.05~0.1
엔드밀		60~100	80~150	0.1~0.28

표3 PE수지의 특성

	수축률	밀도	용점	인장강도	최대 늘림률	인장 탄성률
저밀도 에틸렌	1.5~	0.917~	106~	0.8~	100~	17.6~
고밀도 에틸렌	5.0	0.932	115	3.2	650	28.8
저밀도 에틸렌	2.0~	0.952~	120~	2.2~	10~	109~
고밀도 에틸렌	5.0	0.965	140	3.2	1200	111

Photo.1은 머시닝센터에서의 정삭가공 작업 중의 사진이다.

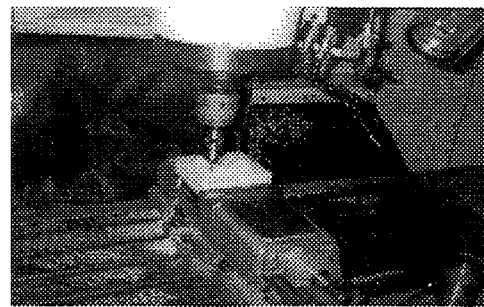
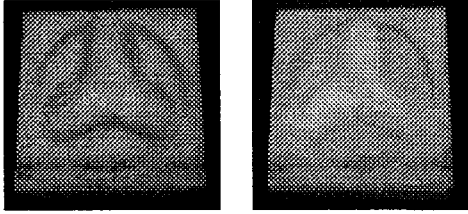


Photo.1 wheel cover의 정삭가공

4. 결과 및 고찰

가공방식에 있어서 상향이송가공의 경우, Photo.2(a)처럼 곡면부근에서 미절삭 부분이 발생했으나 하향이송가공으로 수정한 결과 Photo.2(b)와 같이 표면조도가 향상되었다.



(a) 상향이송 가공 (b) 하향이송 가공

Photo.2 가공방식에 의한 표면조도의 비교

Fig.7과 표4에서 직경이 $\varnothing 3\text{mm}$ 일 때는 cusp 높이를 줄이기 위해 피치량을 줄여야 하였다. 따라서, CNC 데이터량은 늘어나게 되고 가공속도 또한 느려지게 되었다. 이를 개선하기 위해 두 번째는 $\varnothing 10\text{mm}$ 볼엔드밀을 사용했다. CNC 데이터량, 가공속도 뿐만 아니라 표면조도도 향상되었다. 그리고 공구가 소직경일 경우, 가공경로의 피치(pitch)에 따라 곡면부분의 가공표면거칠기가 달랐으며, 가공면을 좋게하기 위하여 큰직경의 공구를 사용하는 것이 좋다.

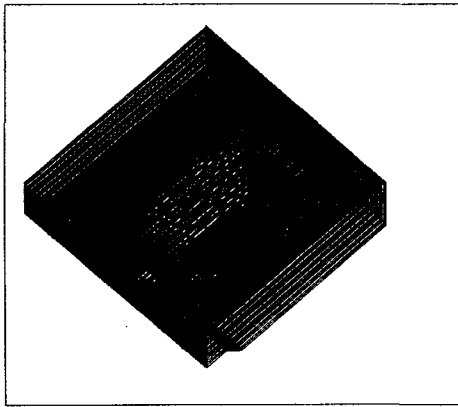


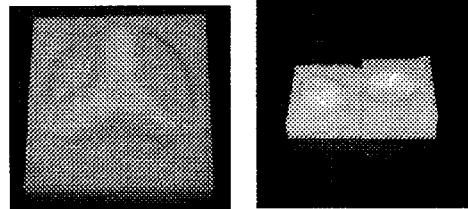
Fig.7 정삭가공 중의 가공경로

표4 가공조건에 따른 가공시간의 변화

공구 (mm)	피치 (mm)	이송 속도 (mm/min)	가공시간 (min)
$\varnothing 3$ 볼엔드밀	0.2	250	500
$\varnothing 3$ 볼엔드밀	0.5	250	230
$\varnothing 10$ 볼엔드밀	0.5	350	175

자동차 휠 커버(Wheel cover)의 정삭가공에 있어서 Radial방식과 Raster방식을 적용하여 가공한 후 각각의 표면 상태를 분석해본 결과, Raster방식에 의한 가공이 양호한 표면 상태를 나타내었다.

최종적으로 완성된 제품을 Photo.3에 나타내었다.



(a) wheel cover (b) Boat

Photo.3 가공이 완료된 최종제품

5. 결론

본 연구에서는 상용 CAD/CAM 시스템인 DUCT를 활용하여 금형형상부를 모델링한 후 가공조건, 즉 가공경로, 공구의 가공방향(상향, 하향) 및 공구의 직경 등을 달리하여 NC데이터를 생성하고, 머시닝센터에서 드릴 및 엔드밀 작업을 통하여 금형형상부를 가공한 후, 금형형상부의 표면조도를 비교분석해본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 금형형상부의 표면조도를 관찰한 결과 공구의 가공방향이 상향보다는 하향일 때 표면이 양호하다.

2. 미절삭부분이 생기지 않는 범위에서는 직경이 작은 공구보다는 큰 공구를 사용하는 것이 표면조도나 가공시간 및 CNC 데이터량을 감소시키는 면에서 유리하다.
3. CAM시스템을 이용함으로써 일반적으로 제도판에서의 제도 및 설계, 그리고 수작업에 의한 가공 등으로는 할 수 없는 3차원 가공을 손쉽게 할 수 있다.
4. 공구경로의 선택에 있어서 원추형 제품이나 원통형상의 제품에서는 Radial방식보다 Raster가공 방식을 채택하는 것이 표면상태가 양호하다.
11. “모델링과 CAM”, 월간 프레스 & 형기술 98년 4월호, pp.89~136, 1998
12. “절삭가공에 대한 노하우” 월간 프레스 & 형기술 98년 1월호, pp.128~130, 1998
13. 사출성형 금형설계자료집, 대광서림 편집부, 1993

참고문헌

1. 정재현, “금형가공을 위한 지식기반 CAM 시스템 개발에 관한 연구”, 한국정밀공학회 97년도 춘계학술대회 논문집, pp.410~415, 1997
2. 박 근, 대한기계학회논문집(A), 제20권, 제5호, pp.1582~1589, 1996
3. 양균의, “자동차부품 금형의 고속모의가공용 CAM시스템 개발”, 한국정밀공학회 97년도 춘계학술대회 논문집, pp.822~826, 1997
4. 박정환, “금형의 5축 NC가공을 위한 CAM 시스템 개발에 관한 연구”, 박사학위논문, KAIST, 1994
5. 최병규, “CAM시스템과 CNC절삭가공”, 청문각, 1995
6. 한규택, “자동차금형의 생산공정에서 요소기술 및 CAD/CAM시스템의 표준모델”, 한국정밀공학회 97년도 춘계학술대회 논문집, pp.957~961, 1997
7. 이동주, “3차원 측정데이터를 이용한 금형가공용 CAM시스템 개발”, 한국공작기계학회, 제7권 제4호, pp.79~88, 1998
8. “DUCT5 USER GUIDE”, 은성 CAD/CAM
9. “최신 일본의 형기술 정보 III”, 월간 형기술 94년 12월호, pp.24~26, 1994
10. “PC CAM 활용기술”, 월간 프레스 & 형기술 98년 7월호, pp.66~79, 1998