

## 절삭가공에 의한 금속 쾌속 시작품 제작기술

신보성\*, 최두선, 이응숙(한국기계연구원 자동화연구부),  
이동주(충남대 기계공학과), 이종현(충남대 대학원 기계공학과)

### The Manufacturing Technique of Metal Rapid Products by the Milling Process

B. S. Shin, D. S. Choi, E. S. Lee (Automation Research Dept., KIMM), D. J. Lee (Mech. Eng. Dept., ChungNam National Univ.), J. H. Lee (Graduate School, ChungNam National Univ.)

#### ABSTRACT

In order to reduce lead-time and cost, recently the technology of Rapid Prototyping and Manufacturing (RP/M) has been used widely. So various RP/M methods have been developed and these systems commercialized several years ago. But we have carried out rapid product, such as sphere, by the milling process instead of RP system. In the case of sphere with three-dimensional shape, the machining method using conventional milling machine has resulted in some troubles because of its deformation and lack of stiffness which is due to usual work piece set up method. In this paper, the feasibility of milling process which is divided into two steps such as the-upper-and-lower-face milling process using supporting material were investigated and suggested.

**Key Words** : Rapid Prototyping and Manufacturing(RP/M, 쾌속 조형 및 제작), Metal Rapid Product (금속 쾌속 시작품), Milling Process(절삭 가공), Two Step Milling Process(2단 밀링 가공), Sphere(구)

#### 1. 서론

최근의 각종 산업분야에서는 소비자의 다양한 욕구에 따라 소량의 다양한 제품이 생산되는 한편, 빈번하게 변경되는 소비자의 기호도 및 기능의 개선등으로 인하여 제품의 사이클은 점점 짧아지고 설계 또한 신속히 이뤄질 필요성이 대두되고 있다. 따라서 제품 개발에 있어서 가장 큰 비중을 차지하는 시작품 모형 제작과 시작 금형 제작을 비롯하여 최종적으로는 양산 금형 제작의 비용과 시간을 가능한 한 단축하지 않으면 안되게 되었으며, 최근 국내의 경우도 여러 가지의 쾌속 조형을 통한 쾌속 조형 및 제작(RP/M, Rapid Prototyping & Manufacturing)기술이 도입되어 활발히 연구가 이루어지고 있다.

현재까지 대부분의 시작품은 고가의 외국산 RP 시스템에 의해서 제작되고 있으나 본 연구팀은 기존의 절삭공정을 보완하여 직접 금속 시작품 제작을 시도하였다. 그러나 3차원 구의 경우 치공구(Jig & Fixture)가 곤란하여 일반적인 절삭 가공

방법으로는 거의 불가능하며, 이를 해결하기 위하여 복잡하고 정밀한 지그(JIG) 제작이 필수적이다. 한편 이와 유사한 선행 연구로서는 미국의 MIT 대학의 Sarma 교수 연구팀이 저용점 금속을 이용한 사출 장치로 금속가공물을 고정하고 일반 밀링기계를 사용하여 임의의 3차원 금속 가공물을 제작한 바가 보고 되고 있다.

따라서 본 논문에서는 일반적인 기존의 3축 밀링 장비를 사용하여 직접적으로 구 금속 시작품 제작을 위한 적절한 기법으로, 저용점 금속을 충전 재료 사용하여 상\_하면 밀링가공에 의한 2단(Two-Step)방식에 의한 가공 기법의 적용 시도하였다. 기존의 RP시스템에서는 금속시제품을 만들 수 없는 점을 고려해 이의 유용성을 확인하기 위하여 구의 시제품 가공 기법을 보여 주고 있다

Fig.1에서는 일반적인 RP/M을 분류하여 놓은 것으로 본 연구에서는 기존의 정상적으로 금속 시제품을 제작하는 공정에 해당됨을 보여준다. 또한 Fig.2에서와 같은 2단 가공공정이 본 연구에서 사용 되었다.

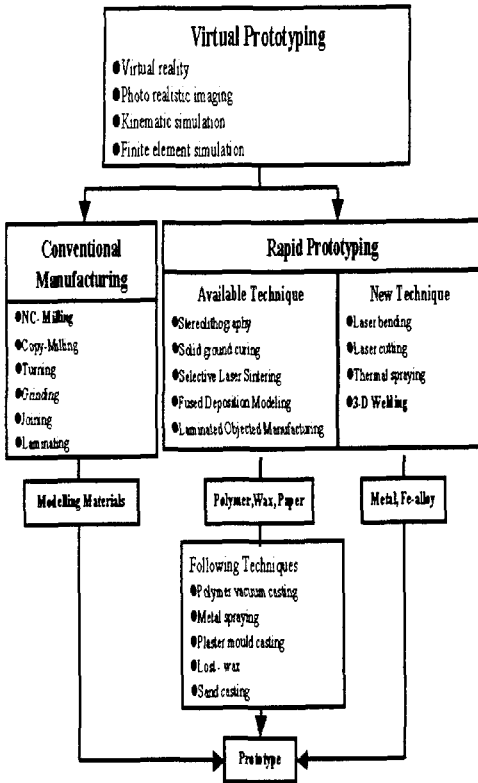


Fig. 1 Various rapid prototype process

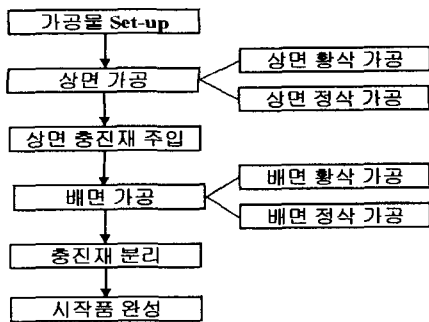


Fig. 2 Two setups milling process

## 2. 시작품의 CAD/CAM

먼저 가공하자 하는 구를 사용 3차원 CAD시스템인 SolidWorks를 사용하여 Fig. 3 과 같이 입체 모델링하였다.

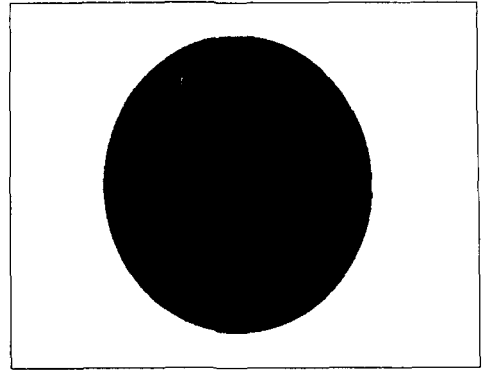
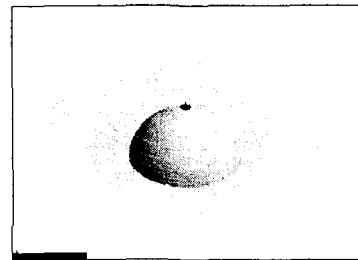
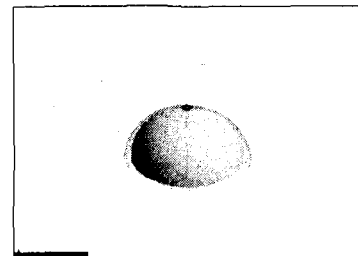


Fig. 3 The three-dimensional modeling of sphere

이후 입체 모델링 데이터를 IGES로 변환하여 저장하고 이로부터 가공에 필요한 곡면 데이터를 캐비티 및 코어로 분리하는 과정을 거쳐 상용 CAM 시스템인 EdgeCAM을 이용하였다. 가공면의 데이터를 편집하고 가공 경로를 생성하였다. 생성된 가공 경로는 실제로 절삭하기 전에 시뮬레이션 해봄으로써 예기치 않았던 Fig.4와 같이 곡률 부분의 미 절삭에 의한 오차나 특정 공구의 사용 시 발생할지도 모르는 심각한 상황을 미리 검증해 볼 수 있었다.



(a) rough milling



(b) finish milling

Fig. 4 The generated tool paths

### 3. 시작품의 가공 실험

저융점 금속과 3축 밀링 머신을 이용하여 직접적으로 절삭 가공함으로써 구의 금속 시작품을 제작하는 가공 실험을 수행하였다.

이때 총 제작 소요 시간의 단축을 목표로 두가지 사양의 황, 정삭 가공용 엔드 밀(End mill) 공구를 사용하여 구의 중간면을 이등분한 상면을 가공한 후, 충전재로 채워 기준면으로 하고 하면의 가공을 순차적으로 수행함으로써 시작품을 제작하는 방식의 2단식 공정을 택하였다. 즉 상면가공과 배면가공이 각각 분리하여 수행함으로써 시작품이 완성된다. 이때 가공 기준면이 유지되기 위해서 무엇보다도 가공할 재료의 기준면 가공이 사전에 보장되도록 주의하여야 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 Fig. 5 와 같은 공작물 셋업 개념 방식을 도입함으로써 가공면의 오차가 보장되도록 하였다.

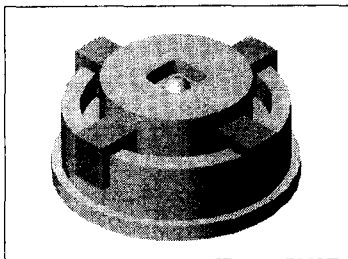


Fig. 5 Set-up for milling process

Table 1 에서는 가공물의 물성치, 공구, 가공장비의 사양 및 가공 조건을 각각 보여준다.

Table 1 Material property and process specification

저융점 금속 (Bi-Sn)	밀도(비중)	8.58 g·cm <sup>3</sup>
	경도	23 (Hb)
	인장강도	62.3 MPa
	압축강도	46.7 MPa
	용융점	135°C
엔드밀	볼 엔드밀	조경합금 : 황삭용 직경 10mm, 2 날형
	플랫 엔드밀	조경합금 : 정삭용 직경 4mm, 2 날형
시스템	Hi-Super 2X	3축 NC 밀링 (화천) 주축 rpm(Max.) : 4,500
가공 공정	황삭	주축회전속도(rpm) : 1250 공구 이송 속도 (mm/min) : 250
	정삭	주축회전속도(rpm) : 2500 공구 이송 속도 (mm/min) : 500

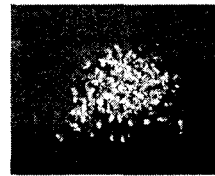
Fig. 6 에는 가공 실험 사진을 나타내었다. 그림에

서와 같이 가공물을 밀링 머신의 인덱스(Index) 위에 고정하고 한 면을 가공한 뒤 충전재로 고정된 상태로 배면가공을 수행상태로 가공하였다.

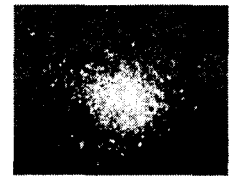


Fig. 6 The photograph of milling experiment

Fig. 7 에서는 황삭 및 정삭 가공 시 배출된 칩의 예를 각각 보여준다. 그림에서와 같이 칩이 원활한 유동형 칩의 형태를 이루고 있음을 알 수 있다.



(a) Rough milling



(b) Finish milling

Fig. 7 The type of milling chip

Fig. 8 에는 팬 상면의 가공이 완료된 상태를 나타내었다. 이 때 황삭 가공과 정삭 가공 공정에는 각각 30, 15 분이 실 가공 시간으로 소요되었다.

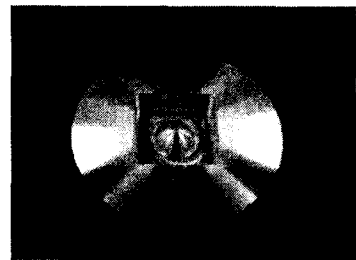
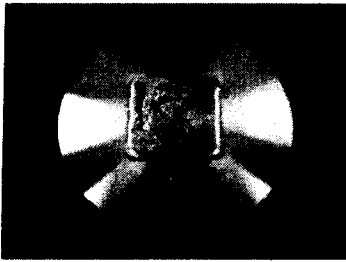


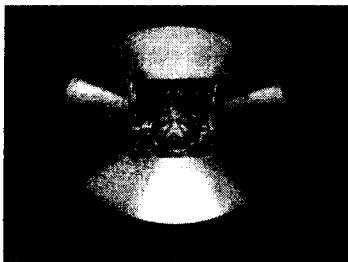
Fig. 8 The finished shape of two step milling

무엇보다 취급과 해체성이 용이하고 공작물인 저융점 금속의 특성상 상온하에서 작업이 이뤄져야 하는 한편, 가공력에 충분히 견딜 수 있는 강성이 우수해야 한다는 측면을 고려하였다. Fig. 9 (a)에는 1차 가공된 상면에 충전재를 채운 상태, Fig. 9 (b)에는 2차로 배면 가공까지 완료된 상태의 충전재

분리전, Fig. 10 에는 최종 가공 완료되어 분리된 구의 시작품을 각각 나타내었다.



(a) Before the-lower-face-milling



(b) After the-lower-face-milling

Fig. 9 Filling condition with 저용점 금속

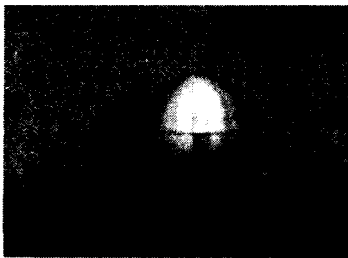


Fig. 10 Final metal rapid product by the milling process

#### 4. 결 론

본 논문을 통하여 구을 대상으로 직접 밀링 가공에 의한 금속 시작품 제작 방식이 다른 RP 장비보다 실 소요 시간 측면에서 효과적일 수 있다는 가능성을 제시 하였다. 즉 본 논문에서 제시한 방식으로도 각종 형상의 금속 시제품 제작에 있어서, 기존의 밀링 기계와 가공재질에 따른 적절한 충전재 선택만으로도 실 제작 시간 상 효율적인 제작이 가능하였으며 이의 유용성이 확인되었다. 또

한 상-하면 양면의 2단 가공 실험을 통하여 향후 복잡한 형상의 3차원 제품에 대한 시작품 제작과 관련한 분야에 활용할 수 있으리라 예상된다.

향후 보다 효과적인 충전 시간과 가공금속에 대한 체계적인 연구가 진행된다면 보다 중대형물의 금속 시작품 가공의 분야에도 본 논문의 결과를 적용할 수 있다고 판단된다.

#### 참고 문헌

1. 신보성, 최두선, 강재훈, 이찬홍, 이종현, 절삭가공에 의한 패속 시작품 제작 기술, 한국 정밀 공학회 추계 학술 대회, pp 918-921, 1999
2. 강재훈, 이찬홍, 신보성, 송창규, 직접 절삭 가공을 위한 FAN 시작품 제작 방식에 관한 연구, 패속시작기술연구회 98년도추계학술대회, pp 7-12, 1999
3. Rapid Prototyping Report, CAD/CAM Publishing, Inc. Jan. pp 4-6, 1999
4. 송용억, 박세형, 조정권, 황경현, 최두선, 신보성, 지해성, 3D Welding and Milling For Rapid Tooling, 한국 정밀 공학회 추계 학술 대회, pp 940-944, 1998
5. Colin Gouldsen, Paul Blake, "Investment Casting Using FDM/ABS Rapid Prototype Patterns", Stratasys Reports, 1998
6. Todd Schuett, Rapid Milling for Prototypes, Rapid Prototyping and Manufacturing '99, pp 167-175
7. Stratasys, FDM 8000 Manual, Release 2.0, 1997
8. Marin Koch, Rapid Prototype Casting, California Polytechnic State University, 1992
9. Young-Ak Song, Sehyung Park, Sungdo Ha, Implementation of the process chain from point data acquisition to rapid tooling of a ship propeller, Rapid Prototyping, 1998, v4, #3, pp1-4
10. Sanjay E. Sarma, Paul K. Wright, Reference Free Part Encapsulation: Anew Universal Fixturing Concept, Journal of Manufacturing System, vol.16, No. 1, pp.35-47,
11. 최두선, 신보성, 이호영, 특징형상을 이용한 가공순서 및 셋업 결정에 관한 연구, 한국 CAD/CAM 학술 발표회 논문집, pp.349-352, 1999.2.