

충진공정을 이용한 쾌속시작품 제작 기술

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

The Manufacturing Technique of Rapid Products using Filling Process

B. S. Shin*, D. S. Choi, E. S. Lee (Automation Research Dept., KIMM),
J. H. Lee (Grad. School, ChungNam Natl. Univ.), D. J. Lee (Mech. Eng. Dept., ChungNam Natl. 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. The machining process is one of these methods. It also offers advantages such as precision and versatility. But there are some considerations during machining. The most important problem among them is the fixturing. So we have to overcome the limitation because the fixturing time is depend on the complexity of geometry to be machined.

In this paper, we have developed the fixturing technique using filling process that can be widely useful for rapid products within a short time. So we have carried out some kinds of rapid products such as plastic knob and metal fan using our fixturing process. In fixturing step, the filling material might chosen a resin or a alloy according to wether the work material is plastic or metal respectively. Also we developed the set-up equipment attachable on the table of the milling machine that provided practicable quality during a series of machining operations, named by two step milling process.

Key Words : Rapid Prototyping and Manufacturing(RP/M, 쾌속 조형 및 제작), Rapid Product(쾌속 시작품), Milling Process(절삭 공정), Two Step Milling Process(2단 밀링 가공), Filling Process(충진 공정), Plastic Knob(플라스틱 손잡이), Metal Fan(금속 팬), Set-up Equipment(셋업 장치)

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 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 복잡한 3차원 형상을 가지는 일반적인 경우 치공구(Jig & Fixture) 제작이 극복해야 할 난제로 남아있었다. 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 밀링 기계를 사용하여 임의의 3차원 금속 가공물을 제작한 바가 있고, 일본의 경우는 이화학연구소(RIKEN)의 마카하시등이 연구한 고속가공 기술을 이용한 플라스틱 핸드폰 케이스의 쾌속 제작한 예 등이 보고되고 있다.

따라서 본 논문에서는 일반적인 기존의 3축 밀

링 장비를 사용하여 직접적으로 다양한 재질의 복잡한 형상 패속 시작품 제작을 위한 적절한 충전공정을 제시하고 이의 소재는 가공할 재질에 따라 레진류 혹은 저융점 합금을 충전재로 선택 사용하였다.

그리고 2단 밀링 가공에 필수적인 셋업 장비를 개발하고 이를 밀링 테이블에 장착 사용함으로써 가공제품의 상하면의 위치 정밀도를 보장하도록 하였으며 본 가공법의 유용성을 입증하기 위하여 자동차 변속장치의 플라스틱 손잡이와 알루미늄 금속 팬 가공하였다.

2. 가공 공정의 절차

2.1 2단 밀링 공정

그림 1과 같이 본 공정에서는 3축 밀링 장비를 그대로 이용하고 3D 형상물을 상하면(혹은 상면 배면) 가공 공정에 충전 공정을 추가함으로써 특별한 지그 장치가 불필요하게된다. 그림 2는 일반적인 3차원 형상을 가지는 팬의 가공 예를 보여주는 2단 밀링 공정의 예시이다.

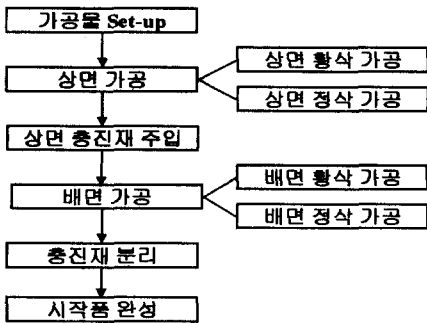


Fig. 1 Two setps milling process

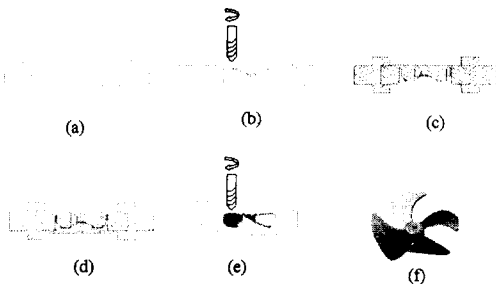


Fig. 2 Process flow for Fan example

2.2 충전 공정

특히 가공 재질에 따라 충전 재질을 선택적으로 적용한다. 즉, 알루미늄과 같은 금속 팬의 경우는 저융점 금속 합금을 사용하였다. 이에 대한 물성치는 표 1과 같다. 그림 3와 같이 본 공정에 사용된 충전 공정은 인젝트 피스톤에 의해 1차 가공된 가공면의 빈 공간만이 충전된다. 이때 사용한 충전재료는 저융점 합금을 선택하였으며 가능한 열변형 효과를 무시할 수 있는 온도 범위 내에서 사용되었다.

Table 1 Material property of filling material

| | | |
|----------------|--------|--------------------------|
| 저융점 금속 (Bi-Sn) | 밀도(비중) | 8.58 g · cm ² |
| | 경도 | 23 (Hb) |
| | 인장강도 | 62.3 MPa |
| | 압축강도 | 46.7 MPa |
| | 용융점 | 135 °C |

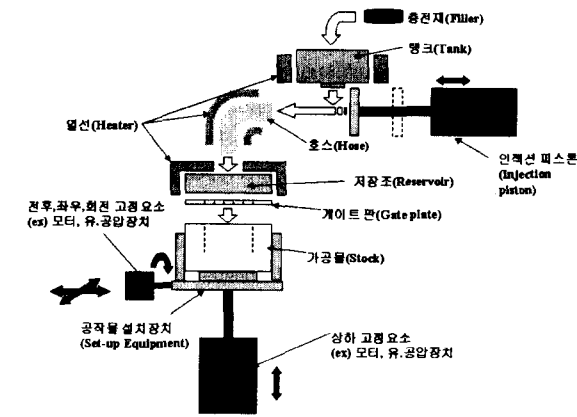


Fig. 3 Block diagram of filling process

2.3 셋업(Set-up)공정

가공 장비로는 본 연구원에서 보유한 일반적인 3축 밀링 장비(3호기)를 그대로 사용한다. 따라서 그림 4과 같이 이송 테이블에 장착 가능한 구조를 가진 셋업 장비를 설계 제작하였다. 따라서 사용가능한 가공물의 크기는 테이블에 장착된 셋업장치의 크기에만 관계되게 된다. 모든 동작은 전기식으로 동작되고 전후,좌우 그리고 상하방향각각의 고정이 가능하고, 회전축에 따라 공작물은 상면 가공후 충진을 위해 회전하도록 되어 있으며 이때 가공물의 위치 정밀도가 보장되는 구조를 가지고 있다. 특히 셋업 장치의 기계적 강성은 절삭 가공력에 충분히 견디는 구조로 설계되었다. 가공 재질 또한 본 논문에서는 플라스틱과 알루미늄 재질로만 국한되어 사용하였다.

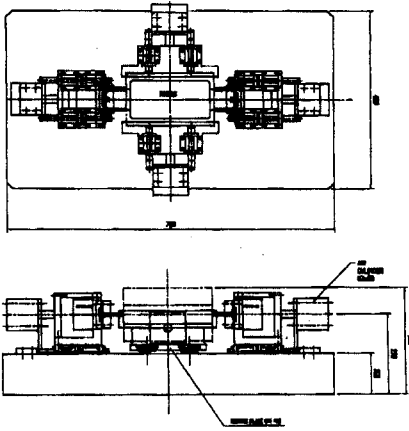


Fig. 4 Set-up equipment

3. 적용 사례

3.1 금속 팬(Fan)

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

이때 총 제작 소요 시간의 단축을 목표로 두가지 사양의 황, 정삭 가공용 엔드 밀 공구를 사용하여 구의 중간면을 이동분한 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 앞에서 설명한 셋업장치가 이용되었다. Fig. 6 에는 가공 실험 사진을 나타내었다. 그림에서와 같이 가공물을 밀링 머신의 테이블위에 셋업 장치를 고정하고 한 면을 가공한 뒤 충전재로 고정한 상태로 배면가공을 수행 상태로 가공하였다.

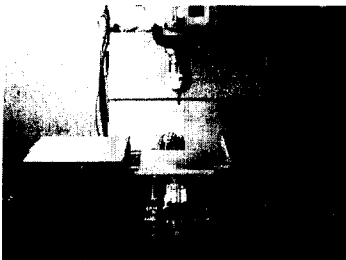


Fig. 5 Set-up for a Fan

Table 1 The process specification

| | | |
|----------|----------------|---|
| 엔드밀 | 볼 엔드밀 | 초경합금 : 황삭용 직경 6mm, 2 날형 |
| 시스템 | Hi-Super 2X | 3축 NC 밀링 (화천) 주축 rpm(Max.) : 4,500 |
| 가공 공정 | 황삭 | 주축회전속도(rpm) : 2500 공구 이송 속도 (mm/min) : 250 |



Fig. 6 The finished shape of the-upper-face milling

그림 7은 상면 가공후 충전된 형상을 보여준다. 그리고 그림 8는 배면가공이 완료하여 충전재를 분리한 최종형상을 보여준다.



Fig. 7 Before the-lower-face-milling



Fig. 8 Final metal Fan

3.2 플라스틱 손잡이(Knob)

플라스틱 손잡이 형상을 직접 가공하기 위해 사용한 충전재는 무엇보다 취급과 해체성이 용이하고 공작물인 저용점 금속의 특성상 상온하에서 작업이 이뤄져야 하는 한편, 가공력에 충분히 견딜 수 있는 강성이 우수해야 한다는 측면을 고려하였다. Fig. 9은 상면 가공후 충전 형상을, Fig. 10에는 2차로 배면 가공후 완료된 최종 가공 완료된 플라스틱 손잡이 시작품을 각각 나타내었다.

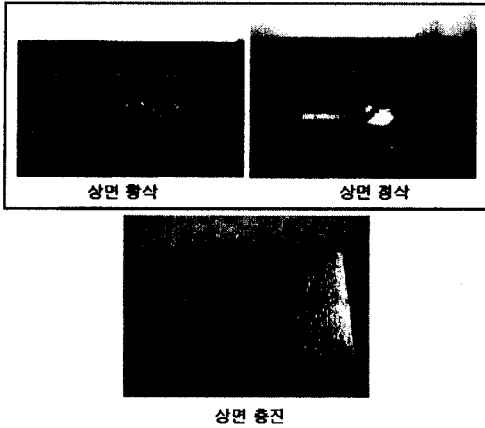


Fig. 9 The finished shape of the-upper-face milling and after filling

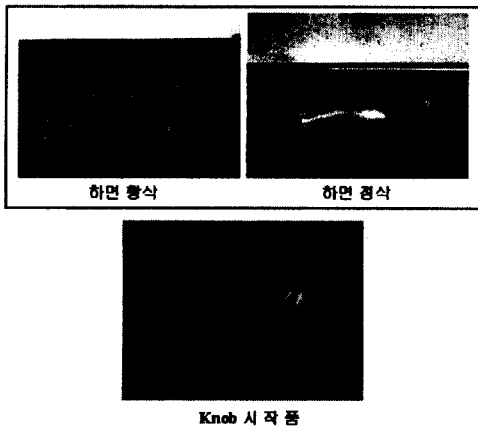


Fig. 10 The finished shape of the-lower-face milling and final plastic knob

4. 결론

본 논문을 통하여 금속 팬과 같은 임의의 3차원

금속 시제품 및 플라스틱 손잡이를 대상으로 직접 밀링 가공과 충전공정을 이용하여 빠른시간내에 특별한 지그없이 제작 가능한 기법을 제시하고 이의 유용성을 실험적으로 확인하여보았다. 이러한 시작품 제작 방식이 다른 RP 장비 보다 실 소요 시간 측면에서 효과적일 수 있다는 가능성을 제시하였다. 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 가능하였다. 또한 상-하면 양면의 2단 가공 실험을 통하여 향후 복잡한 형상의 3차원 제품에 대한 시작품 제작과 관련한 분야에 적극적으로 활용할 수 있으리라 예상된다.

향후 보다 효과적인 충전 조건과 가공금속에 대한 체계적인 연구가 진행된다면 보다 많은 금속/비금속 시작품 가공의 분야에도 본 논문의 결과를 적용할 수 있다고 판단된다.

참고문헌

- 1.신보성, 최두선, 이응숙, 이동주, 이종현, 절삭가공에 의한 금속 패속 시작품 제작 기술, 한국 정밀 공학회 춘계 학술 대회, pp 759-762, 2000
- 2.B.S. Shin, D.S. Choi, S.H. Lee, D.Y. Yang, K.K. Yoon, K.H. Whang, S.E. Sarma, E. Lee, Rapid Prototyping System Using Universal Automated Fixturing Technology, 8th European Conference on RP, 2000
- 3.신보성, 최두선, 강재훈, 이찬홍, 이종현, 절삭가공에 의한 패속 시작품 제작 기술, 한국 정밀 공학회 추계 학술 대회, pp 918-921, 1999
- 4.강재훈, 이찬홍, 신보성, 송창규, 직접 절삭 가공을 위한 FAN 시작품 제작 방식에 관한 연구, 패속시작기술연구회, pp 7-12, 1998
- 5.Sanjay E. Sarma, Paul K. Wright, Reference Free Part Encapsulation: Anew Universal Fixturing Concept, Journal of Manufacturing System, vol.16, No. 1, pp.35-47,1997
- 6.Ichiro takahashi, Masahiro anzai, Application of Ultra High Speed Milling to Rapid Fabrication of 3D Products, the 8th Intl. conference on RP, pp.469-474, 2000
7. 최두선, 신보성, 이호영, 특징형상을 이용한 가공순서 및 셋업 결정에 관한 연구, 한국 CAD/CAM 학술 발표회 논문집, pp.349-352, 1999