

## FDM 장치에서 쾌속조형물의 형상이 표면 거칠기에 미치는 영향

전재익\*(부경대.원), 정진서(부산기능대), 하만경(부경대)

### Imfluence of Surface roughness on Rapid prototyping by FDM

Jun Jae-Uhk(Graduate school, Pukyung national univ. )\*, Chung Jin-Seo(Pusan polytechnic college), Ha Man-Kyung(Pukyung national univ.)

#### ABSTRACT

Competitive power is rapidly manufacture product required consumers. Therefore, modern industry have changed from small item many production to many item small production. rapid production is necessary thing at the product development. Thus, rapid prototyping is appeared. If the graphic model was made by CAD, the production can be made in short term.

That provide what the part was directly tested by the worker. It provide believable data.

This study is Imfluence of Surface roughness on Rapid prototyping by FDM(Fused deposition modeling).

**Key Word:** rapid prototyping(급속조형), Surface roughness(표면거칠기), FDM(용착조형공정)

### 1. 서론

현대의 각종 산업에서 다양한 소비자들의 욕구에 의해 생산되어지는 제품은 다양한 기능과 디자인이 요구되어진다. 이것은 같은 기능이라도 디자인이 다르거나 다른 기능이 첨가되어진 제품이 경쟁력을 가진다는 것이다. 이처럼 빠른 유행과 다양한 소비자들의 욕구는 제품의 생명주기(Life cycle)를 단축시킨다. 이로 인해 기업은 그만큼 빠른 제품 생산이 필수적이다. 이러한 견지에서 동시공학이 도입되었다. 동시공학이란 설계에서 양산까지의 순차적인 기존의 방식을 벗어나서 동시에 여러 과정을 처리하는 것이다. 동시공학에서 필수적인 공정이 설계단계에서 빠른 처리가 가능한 RP (Rapid Prototyping)

공정이다.<sup>(1)</sup> 기존의 개념 설계에서 시제품의 제작까지 걸리는 시간과 비용을 획기적으로 절감시킬 수 있다는 것이 RP기술의 가장 큰 특징이다. 현재 상용화되고 있는 RP 기술은 광조형법(SLA: Stereolithgraphy), 용착조형 공정(FDM: Fused Deposition Modeling), 선택적 레이저 소결법(SLS: Selective Laser Sintering), 3차원 프린팅공정(3DP: 3 Dimensional Printing), SPI 공정, Object, 시트 적층공정(LOM)등이 있다.<sup>(2,3)</sup> 이러한 RP기술은 기본적으로 적층 방식을 이용하고 있다.

적층방식은 어떠한 형상의 제품이라도 한번에 가공이 가능하다는 장점 외에 적층시 발생하는 계단형상의 층이 표면 거칠기에 상당한 문제를 가지게 한다. 이러한 문제에 대해 여러 연구가들에 의해 연구되어지고 있다.

그 예로 N.P.Juster 등은 각 쾌속 조형장비별로 구분하여 장비들의 정밀도를 높이기 위해서 새로운 벤치마크(Benchmark)를 제안하고 쾌속조형을 이용해 파트를 제작하고 측정하여 파트의 크기별로 정밀도를 평가하였다.<sup>(4)</sup> 신행재, 변홍석등은 새로운 파트를 개발하여 각 RP장치에서의 형상정밀도 및 표면 정도를 비교 평가하였다.<sup>(5,6)</sup> R.Ippolito 등은 3D Systems사에서 제안한 원래의 벤치마크를 사용하여 RP기술의 치수 정밀도와 표면의 상태를 연구하였다.<sup>(7)</sup>

본 연구에서는 FDM장치를 이용한 시제품 제작에서 제품의 형상에 따른 표면거칠기의 변화에 대하여 비교 분석하였다.

## 2. FDM장치

### 2.1 FDM의 구조 및 원리

FDM 장치의 원리는 열에너지와 층 제조 기술을 토대로하여, 스푼(Spool)에 감긴 필라멘트(Filament)형태의 재료를 특별히 설계된 헤드(Head)에서 용융하고 모델에 분사한다.

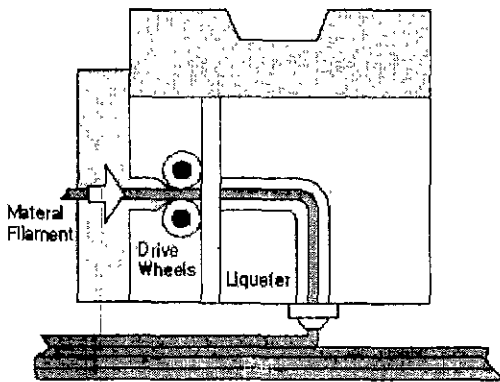


Fig. 1 Structer of FDM

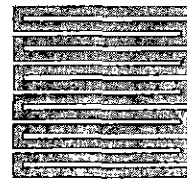
이 용융된 재료가 분사되면서 모델의 형상으로 냉각 응고된다. 이 모델은 다른 RP 시스템과 같이 층과 층으로 만들어진다.<sup>(8)</sup>

Fig. 1은 FDM장치의 기본적구조와 작동원리를 나타내었다.

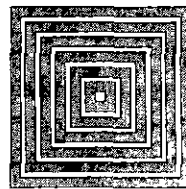
### 2.2 주사 패턴

FDM 장치는 층별로 단면의 형상을 주사하여 고화 시키는데 이 때의 주사 경로에 따라 왕복형(Raster type), 회전형(Contour type), 혼합형(Mix type ; Contour /Raster)이 있다.

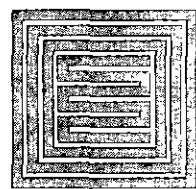
Fig. 2에는 주사패턴에 따른 종류를 나타내었다.



(a) Raster type



(b) Contour type



(c) Mix type

Fig. 2 Injection pattern of FDM

왕복형은 레이어(Layer)의 도형에 따라 지그재그모양으로 왕복하여 외곽과 내부를 채우는 방식이다. 다른 패턴에 비해 시간적인 이점이 있지만 조형물의 표면거칠기는 불량하다.

회전형은 레이어(Layer)의 도형의 외곽선을 따라 등고선과 같이 차례로 내부를 채우는 방식이다. 직선적인 왕복에 비해 곡선이 많으므로 다른 패턴에 비해 시간이 많이 걸린다. 그러나 조형물의 표면거칠기는 향상된 형태를 나타낸다.

혼합형은 레이어(Layer)의 도형 외곽의 일정 두께는 회전형 방식으로 주사하고 그 나머지 내부는 왕복형 방식으로 채운다.

이 방식은 앞의 두 타입의 장점으로 보완한 타입으로 정밀도가 필요한 외곽은 회전 방식으로 하고 내부는 신속한 왕복형을 선택한

것이다.

### 2.3 FDM의 소재

본 연구에서 사용한 소재는 ABS(P400) 수지이다. 이 소재는 내구력이 있는 고강도의 모델재료이다. 그러므로 기능성 시험용 폐속조형 모델을 제작할 수 있다. ABS의 특징은 내 충격성, 인성, 열 안정성, 내 화학성, 강성 등이다. 이 재료는 사출금형을 위한 시작 금형을 만들 필요를 없게 한다. 이것은 경제적 시간적 이익이다. ABS 모델은 전통적인 방법의 구조에도 이용할 수 있다.

ABS 모델은 기계가공, 드릴, 텀, 도색, 접착, 다듬질 등을 할 수 있다. ABS 수지는 고강성, 고경도, 저 수축률, 빠른 응고성으로 사출금형뿐 아니라 FDM에서도 유용하다. 그리고 다양한 색상의 수지도 제공된다.

Table 1 은 ABS(P400)의 물성치를 나타내었다.

Table 1 ABS(P400) Material Specification

Material Specification	Value
Tensile Strength(psi)	5,000
Elongation(%)	50.00
Softening Point(R&B)(F)	220
Specific Gravity (GMS/CM <sup>3</sup> )	1.05

## 3. 실험장치 및 실험방법

### 3.1 실험장치

본 연구의 실험 장치는 FDM 3000이라는 Stratasys사의 신형 모델이다. 이 장치의 크기는 660(w)×1067(h)×914(d)mm이고 이 장치에서 제작할 수 있는 최대 부품의 크기는 254×254×406mm이다. 이 장치는 PC와 연동되어 작동하며 PC에서는 STL 포맷으로 만들어진 그래픽 파일을 퀵슬라이스(Quick Slice)라는 소프트웨어를 이용하여 STL 파일을 레이어 별로 작성하고 그 데이터는

SSL 파일로 저장된다. 이 과정에서 모델을 배치하고 STL 파일의 오류를 수정할 수 있다. 다음 과정으로 서포트(support)를 생성하고 주사 패턴, 텀(Tip)의 종류 등을 설정한다. 이러한 일련의 과정을 거친 데이터는 최종적으로 SML 파일로 저장되어 FDM 장치로 전송되어 제품을 생산한다.<sup>(9)</sup>

### 3.2 실험방법

실험은 AutoCAD를 이용하여 모델을 생성하고 STL파일로 저장하였다. 이 모델은 육면체로 윗면 각이 0°, 1.5°, 3°, 5° 로 되어있는 것과 지름이 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60mm인 구형으로 되어 있다.

Fig. 3에서 평면과 구면의 표면거칠기 실험 모델을 나타내었다.

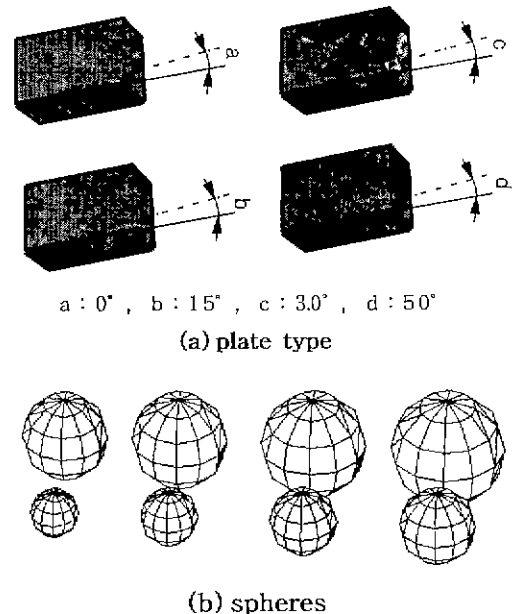


Fig. 3 Experiment models of FDM

이 그래픽 파일을 퀵슬라이스를 이용하여 레이어를 만들고 처리한 데이터를 FDM 300에 전송하여 시작모델을 만들었다. 그리고 시작모델의 표면거칠기를 측정하여 시작품의 형상에 따라 표면거칠기를 비교하였다. 표면거칠기 측정에는 촉침식 표면조도계를 이용하였다.

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1 실험결과

시작품의 표면거칠기 측정에서 얻어진 값을 Table 2, 3와 Fig. 4, 5로 나타내었다.

Table 2 Result data of experiment

Angle(°)	Ra(μm)	Rmax(μm)
0	21.12	96.6
1.5	23.9	117.37
3	30.27	169.25
5	39.2	212.32

Table 3 Result data of experiment

Diameter (mm)	Ra(μm)	Rmax(μm)
25	19.33	82.2
30	19.72	83.5
35	17.8	78.6
40	18.45	78.35
45	19.03	78.25
50	17.09	75.2
55	18.7	75.6
60	17.61	72.5

### 4.2 실험의 고찰

실험의 결과에서 평면상태에서 약간의 각도의 변화는 계단면을 형성하게 하므로 표면거칠기에 상당한 영향을 주는 것으로 보여진다. 그리고 구형에서 지름의 변화는 표면거칠기에 큰 변화를 주지 못하는 것으로 나타났다. 그것은 지름의 변화는 구의 접선의 기울기에 영향을 미치지 않지만 부분적인 측정 범위에서는 그리 큰 영향을 주지 못하는 것으로 사료된다.

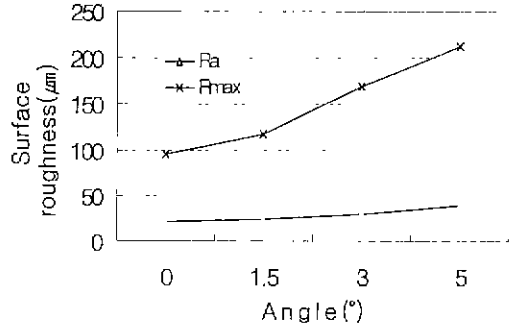


Fig. 4 Result of adjustment angle (R-Profile)

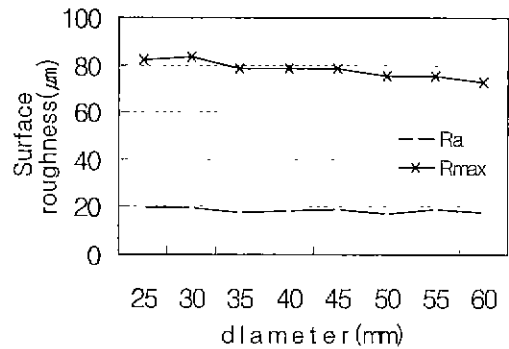


Fig. 5 Result of adjustment angle (R-Profile)

## 5. 결론

본 연구는 FDM장치를 이용한 금속시작품에서 형상의 변화에 따라 표면거칠기변화를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실험에서 평면의 미세한 각도의 변화는 표면거칠기에 상당한 영향을 주는 것으로 나타났다.
2. 구형의 지름의 변화는 표면거칠기에 큰 영향을 미치지 못한다.

이것은 FDM에서 적층 방식은 계단형상을 발생시키고 평면에서는 계단 형상으로 거칠기가 발달하는 현상이다. 그러나 구형에서 각도변화는 많은 영향을 주지 않는다.

그러므로 표면 거칠기의 계산을 위한 모델링에서 구형의 지름은 고려하지 않아도 되지만 평면에서 미세한 각의 변화는 피하여야 할 필요가 있는 것으로 사료된다.

### 참고문헌

1. 강재훈, 이찬홍, 신보성, 송창규 “직접 절삭을 위한 FAN 시작품 제작 방식에 관한 연구“ 쾌속시작기술연구회 1999년도 춘계학술대회, pp. 7-12, 1999
2. 양동렬, 손현기, “쾌속제품(RP)을 위한 쾌속조형기술의 최근동향”, 한국정밀공학회지, 제 17권, 제 10호, pp.5-10, 2000.
3. 이은덕, “쾌속 조형 기술의 동향” 월간프레스 기술 pp.15-28. 2001.
4. N.P. Juster and Accuracies from Layer Manufacturing“. Annals of the CIRP, Vol T.H.C. Childs, Linear and Geometric. 43, pp.163-166, 1994.
5. 변홍석, 신형재, 이관행 “RP 공정의 정밀도 비교 평가” 한국정밀공학회 2000년도 추계학술대회논문집, pp.330-333, 2000
6. 변홍석, 신형재, 이관행 “시작품의 형상 정밀도 평가에 관한 연구” 한국정밀공학회 2000년도 춘계학술대회논문집, pp.307-310, 2000
7. R.Ippolito, L.Iuliano, and Politecniodi Torino, “Benchmarking of Rapid Prototyping Techniques in Terms of Dimensional Accuracy and Surface Finish”, Annals of CIRP, Vol.44,pp.157-160, 1995.
8. Chua chee kai and Leong kah fai, “Rapid prototyping”, pp.95, 1997.
9. FDM 3000 Manual