

# FDM에서 곡면부의 접선기울기가 쾌속조형물의 표면에 미치는 영향

전재역\*(부경대 .원), 권광진(전신실업), 정진서(부산기능대), 김준안(경남정보대), 김수광(부산정보대), 하만경(부경대)

## Influence of tangent line angle on surface roughness at fused deposition

Jun Jae-Uhk(Graduate school, Pukyung national univ. ), Kwon kwang-Jin(Junsin Co.), Chung Jin-Seo(Pusan polytechnic college), Kim Joon-An(KyoungNam College of Inf. Tech.) , Kim Su-Kwang(Busan College of Inf. Tech.), Ha Man-Kyung(Pukyung national univ.)

### ABSTRACT

Fused deposition modelling(FDM) is a rapid prototyping(RP) process that fabricates part layer by layer by deposition of molten thermoplastic material extrude from a nozzle. RP system has many benefit. One of the benefit would be the ability to experiment with physical objects of any complexity in a relatively short period of time. But it has a matter of surface roughness and geometric accuracy.

We study on Influence of tangent line angle on surface roughness at fused deposition

**Key Words:** FDM(용착조형공정), Rapid prototyping(급속조형), Surface roughness(표면거칠기)

### 1. 서 론

3차원 자유형상을 쉽게 제작할 수 있는 RP장치들은 빠른 시간에 시작품을 제작할 수 있다는 장점이 있는 반면에 시제품을 제작함에 있어서 층단별 형상을 적층하여 만들기 때문에 각 층간의 서로 다른 형상이 제품의 표면에 울퉁불퉁한 엠보성이 생긴다<sup>(1)</sup>. 그리고 경사진 평면이나 곡선부에는 계단형상이 나타난다. 이러한 계단형상과 울퉁불퉁한 엠보성을 줄여 시제품의 표면거칠기를 향상시키기 위한 연구가 다양하게 전개되고 있다. 그 예로 H. Masood등은 적층시 발생한 계단 형상에 의해 발생하는 체적오차를 이용하여 표면거칠기를 예측하고 비교하였다<sup>(2)</sup>. Mukesh K. Agrwala 등은 FDM 장치로 생성한 제품의 표면 과 내부에서 발생하는 문제점을 밝혔다<sup>(3)</sup>. R. Ippolito 등은 3D Systems사에서 제안한 원래의 벤치마크를 사용하여 RP기술의 치수 정밀도와 표면의 사상을 연구하였다.<sup>(4)</sup> 신형재, 변홍석등은 새로운 파트를 개발하여 각 RP장치에서의 형상정밀도 및 표면 정도를 비교 평가하였다<sup>(5,6)</sup>.

본 연구에서는 FDM장치를 이용한 구형의 시제품에서 측정위치의 변화에 따른 측정범위에서의 평균 접선기울기가 시제품의 표면거칠기를 측정하고 분석하여 상호 관계를 연구하였다.

### 2. 급속조형장치

#### 2.1 급속조형공정의 종류

현재 상용화되고 있는 RP 기술에는 광조형법(SLA: Stereolithgraphy), 용착조형공정(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>(7,8)</sup>

#### 2.2 FDM의 구조 와 원리

FDM 장치는 크게 그래픽 모델을 처리할 컴퓨터와 실제 모델을 제작하는 장치로 구성되어 있으며, 실제 모델을 제작하는 장치의 원리는 열에너지와 층제조기술을 토대로 하여, 스펴(Spool)에 감긴 필라멘트(Filament)형태의 재료를 특별히 설계된 헤드(Head)

에서 용융하고 모델에 분사한다.

이렇게 FDM장치에서 용융된 재료가 분사되면서 각 층의 형상으로 냉각 응고되고 적층된 소재에 의해서 원하는 3차원 모델을 제작하는 것이다.(9)

Fig. 1은 FDM장치의 기본적구조와 작동원리를 나타내었다.

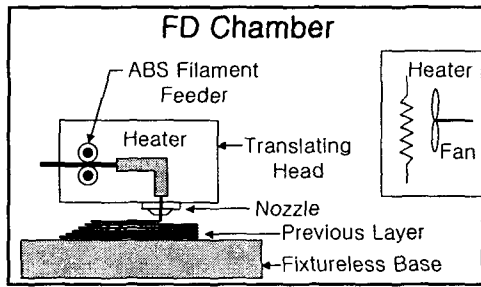


Fig. 1 Schematic of the FDM

### 2.3 주사 패턴

FDM 장치는 층별로 단면의 형상을 주사하여 고화 시키는데, 이 때의 주사 경로에 따라 왕복형(Raster fill pattern), 회전형(Contour fill pattern), 혼합형(Mix type ; Con tour+Raster fill pattern)의 패턴이 있다. Fig. 2에는 주사패턴에 따른 종류를 나타내었다.

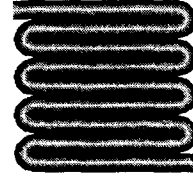
### 2.4 FDM의 소재

본 연구에서 사용한 소재는 ABS(P400) 수지로, 이 소재는 내구력이 있는 고강도의 모델을 제작하기 위한 재료이다. 그러므로 기능성 시험용 패속 조형 모델을 제작하는데 적합하다. ABS의 특징으로는 내충격성, 인성, 열안정성, 내화학성, 강성 등이 있다. 이 재료는 사출금형을 위한 시작 금형을 만들 필요를 없게 하므로, 경제적인 면에서나 시간적인 면에서 이익이 된다.

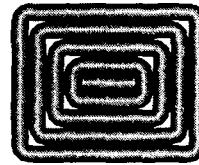
Table 1 은 ABS(P400)의 물성치를 나타내었다.

Table 1 ABS(P400) Material Specification

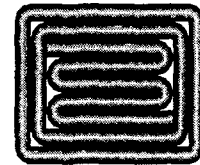
Material Specification	Value
Tensile Strength(psi)	5,000
Elongation(%)	50.00
Softening Point(R&B)(F)	220
Specific Gravity (GMS/CM <sup>3</sup> )	1.05



(a) Raster fill pattern



(b) Contour fill pattern



(c) Mix fill pattern

Fig. 2 Schematics of build strategies employed by commercial FDM systems

## 3. 실험장치 및 실험방법

### 3.1 실험장치

본 연구의 실험 장치는 Stratasys사의 FDM 3000이다. 이 장치에서는 최대 254× 254× 406mm의 부뿔까지 제작할 수 있다. 이 장치는 PC와 연동되어 작동하며 PC에서는 STL 포맷으로 만들어진 그래픽 파일을 FDM장치에서 필요한 포맷으로 변환시키는 퀵슬라이스(Quick Slice)를 이용한다. 이 과정에서 모델을 배치하고 STL 파일의 오류를 수정할 수 있다. 다음 과정으로 서포트(support)를 생성하고 주사 패턴, 팁(Tip)의 종류, 주사간격, 주사량 등을 설정한다. 이러한 일련의 과정을 거친 데이터는 최종적으로 SML 파일로 저장되어 FDM 장치로 전송되어 제품을 생산한다.(9)

### 3.2 실험방법

실험모델은 AutoCAD를 이용하여 모델을 생성하고 STL파일로 저장하였다. 이 모델은 지름이 55mm인 반구형으로 되어 있다. 아래 Fig. 3은 실험에 사용한 그래픽 모델이다.

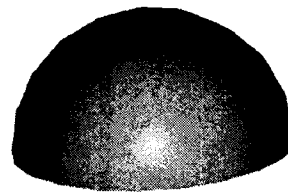


Fig. 3 Experiment models of FDM

이 그래픽 파일을 킥슬라이스라는 소프트웨어에서 층과 층으로 변환하고 주사량과 주사간격을 설정한 데이터를 FDM 3000장치에 전송하여 시작모델을 만들었다.

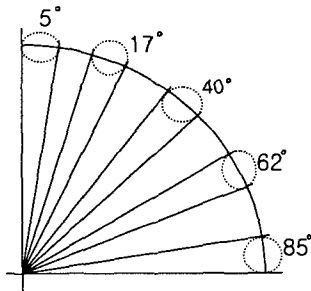


Fig. 4 Angles of tangent line

측정위치는 Fig. 4에 나타난 것과 같이 다섯 부분의 표면거칠기를 측정하여 시작품의 곡면부에서 접선기울기에 따른 표면거칠기를 비교하였다. 접선기울기는 Fig. 5에 나타난 것 같이 측정범위에서의 평균치로 설정하였다. 표면거칠기 측정에는 축침식 표면조도계를 이용하였다.

#### 4. 실험결과 및 고찰

##### 4.1 실험결과

곡면부의 접선기울기에 따른 표면거칠기값의 측정에서 얻어진 값을 층간격에 따라 분류하여 Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8에 나타내었다. 각 그래프의 조건은 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Injection conditions

	Nozzle No.	Slice interval	Road width
A	#16	0.3556	0.415
B			0.817
C			0.407
D			0.802
E	#12	0.2540	0.315
F			0.407
G			0.515

##### 4.2 실험의 고찰

본 실험에서 반구형 패속조형물의 측정부에 따른 접선기울기변화에 대한 표면거칠기는 달라지는 것으로 나타났다. 이는 제품의 계단 형상이 표면거칠기에 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다. 이와 같은 결과는 사전 실험중의 하나인 각면체의 각도변

화에 대한 표면변화와 같은 형태를 나타내었다.

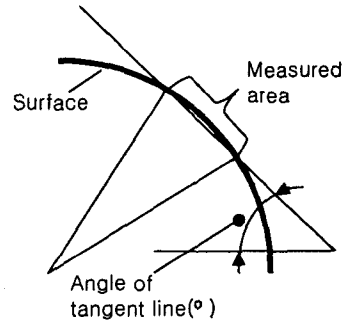


Fig. 5 Deciding angle of tangent line

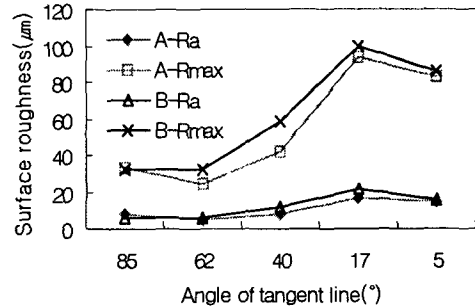


Fig. 6 Surface roughness in different angles

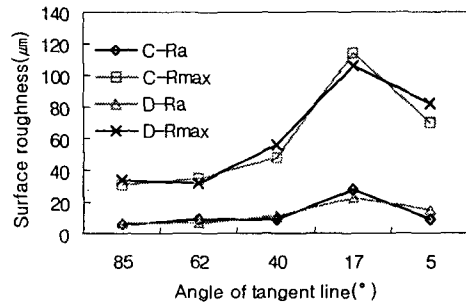


Fig. 7 Surface roughness in different angles

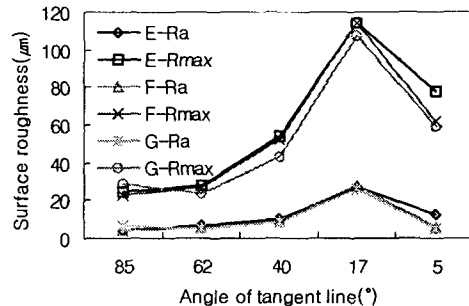


Fig. 8 Surface roughness in different angles

## 5. 결 론

본 연구는 FDM장치를 이용한 반구형의 급속시작품에서 측정부의 접선기울기의 변화에 따라 표면 거칠기를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실험에서 반구형의 측정부 접선기울기 변화에 따라 표면거칠기는 주사 조건(노즐의 종류, 층간격과 주사간격) 변화에는 거의 일정하였다.

2. 전체적으로 17° 부근에서 가장 큰 거칠기 값이 나타났다.

3. FDM의 패속조형물 제작에서 여러 가지 주사 조건에 대한 표면상태변화 보다 구형체의 계단형상에 의한 표면변화가 표면상태에 더 큰 영향을 미친다.

그러므로 곡면부가 있는 패속조형물의 제작에서는 곡면부의 표면거칠기를 개선하기 위해서 접선기울기가 7° 부근이 되지 않도록 하여야 한다.

## 참고문헌

1. Chua chee kai and Leong kah fai, "Rapid prototyping," John Wily & Sons, Inc, pp.95, 1997.
2. S. H. Masood, W. Rattanawong and P. Lovenitti, "Part build Orientations Based on volumetric Error in fused deposition modelling," International Journal Advanced Manufacturing Technology, pp. 162-168 2000.
3. Mukesh K. Agarwala, Vikram R. Jamalabad, Ahmad Safari. Philip J. Whalen and Stephen C. Danforth, "Structural quality of parts processed by fused deposition," Rapid Prototyping Journal, volume 2. Number 4, pp. 4-19, 199.
4. R.Ippolito, L.luliano, and Politecnodi Torino, "Benchmarking of Rapid Prototyping Techniques in Terms of Dimensional Accuracy and Surface Finish," Annals of CIRP, Vol.44,pp.157-160, 1995.
5. 변홍석, 신행재, 이관행 "RP 공정의 정밀도 비교 평가," 한국정밀공학회 2000년도 추계학술대회는 문집, pp.330-333, 2000
6. 변홍석, 신행재, 이관행 "시작품의 형상정밀도 평가에 관한 연구," 한국정밀공학회 2000년도 춘계학술대회논문집, pp.307-310, 2000
7. 양동렬, 손현기, "패속제품(RP)을 위한 패속조형기술의 최근동향," 한국 정밀공학회지, 제 17권, 제 10호, pp.5-10, 2000.
8. 이은덕, "패속 조형 기술의 동향," 월간 프레스 기술, pp.15-28, 2001.
9. Edit by Stratasys Co., "FDM 3000 Manual", pp. 91-98, 2001.