

FDM 장치에서 주사량 조절에 대한 구면체의 표면정도 변화에 관한 연구

전재익*(부경대.원), 권광진(부경대.원), 정진서(부산기능대), 김수광(부산정보대), 김광희(부경대), 하만경(부경대)

Study of a change of Surface roughness of sphere by adjustment of extrusion at fused deposition

Jun Jae-Uhk, Kwon kwang-Jin(Graduate school, Pukyung national univ.), Chung Jin-Seo(Pusan polytechnic college), Kim Su-Kwang(Busan College of Information Technology), Kim Kwang-Heui, 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 research into a change of Surface roughness making the sphere by adjustment of extrusion in FDM.

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

1. 서론

용착조형공정은 급속조형공정중의 하나이다. 이 공정은 제품을 노즐에서 분사되는 용융된 열가소성 소재를 층 단위로 적층하여 시제품을 제작한다⁽¹⁾. 이러한 공정은 3차원 CAD 프로그램을 이용하여 모델링을 한 후 전용 소프트웨어를 이용하여 FDM 장치에 전송하여 3차원 형상을 제작한다. 그러므로 기존의 시제품의 제작방식에서 거치던 여러 과정을 감소시키므로 신제품의 개발기간을 단축하여 빠른 제품의 출시를 가능하게 한다.⁽²⁾ 그러나 층 단위의 적층공정은 실제형상을 얇은 판으로 변환하여 제작하는 방식이기 때문에 각 층간의 계단형상이 발생하여 표면 거칠

기에 문제를 발생시킨다. 또한 이 외에도 열변형, 비틀림 열수축 등에 의해 형상정밀도의 문제를 발생한다. 이러한 문제에 대하여 지금까지 여러 연구자들에 의해 연구되어지고 있다.

그 예로 Mukesh K. Agrwala 등은 FDM 장치로 생성한 제품의 표면 과 내부에서 발생하는 문제점을 밝혔다.⁽³⁾ 신행재, 변홍석등은 새로운 파트를 개발하여 각 RP장치에서의 형상정밀도 및 표면정도를 비교 평가하였다.^(4,5) R. Ippolito 등은 3D Systems사에서 제안한 원래의 벤치마크를 사용하여 RP기술의 치수 정밀도와 표면의 사상을 연구하였다.⁽⁶⁾

본 연구에서는 FDM장치를 이용한 구형 제품의 제작에서 지름의 변화와 주사량의 변화에 따른 표면거칠기의 변화에 대하여 비교 분석하였다.

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.^(7,8)

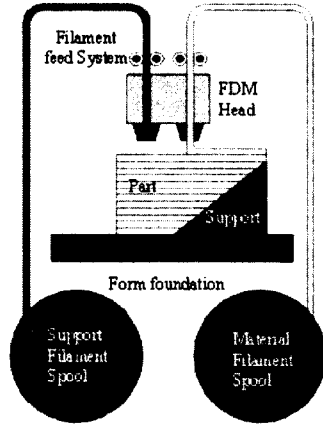


Fig. 1 Structure of FDM

2.2 FDM의 구조와 원리

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

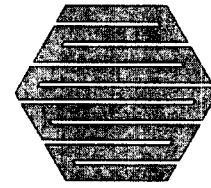
이렇게 FDM장치에서 용융된 재료가 분사되면서 각 층의 형상으로 냉각 응고되고 적층된 소재에 의해서 원하는 3차원 모델을 제작하는 것이다.⁽⁹⁾

Fig. 1은 FDM장치의 기본적구조와 작동원리를 나타내었다.

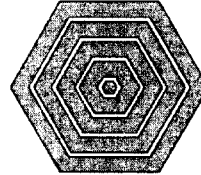
2.3 주사 패턴

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

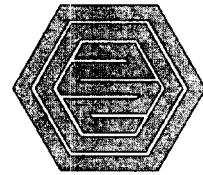
있다. Fig. 2에는 주사패턴에 따른 종류를 나타내었다.



(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 회전형으로 주사하고 내부는 신속한 왕복형으로 주사하는 것이다.

2.4 FDM의 소재

본 연구에서 사용한 소재는 ABS(P400) 수지로, 이 소재는 내구력이 있는 고강도의 모델을 제작하기 위한 재료이다. 그러므로 기능성 시험용 쾌속 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.

ABS 모델은 기계가공, 드릴, 텡, 도색, 접착, 다듬질 등을 할 수 있으며, 고강성, 고경도, 저수축률, 빠른 응고성으로 사출금형뿐 아니라 용착조형공정에서도 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 ³)	1.05

3. 실험장치 및 실험방법

3.1 실험장치

본 연구에서 사용한 실험 장치는 FDM 3000이라는 Stratasys사의 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, 텡(Tip)의 종류, 주사간격, 주사량등을 설정한다. 이러한 일련의 과정을 거친 데이터는 최종적으로 SML 파일로 저장되어 FDM 장치로 전송되어 제품을 생산한다.⁽⁹⁾

3.2 실험방법

실험은 AutoCAD를 이용하여 모델을 생성하고 STL파일로 저장하였다. 이 모델은 지름이 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60mm인 반구형으로 되어 있다. 아래 Fig. 3은 실험에 사용한 그래픽 모델이다.

이 그래픽 파일을 퀵슬라이스라는 소프트웨어

에서 층과 층으로 변환하고 주사량과 주사간격을 설정한 데이터를 FDM 3000장치에 전송하여 시작 모델을 만들었다. 그리고 시작모델의 표면거칠기를 측정하여 시작품의 형상에 따라 표면거칠기를 비교하였다. 표면거칠기 측정에는 촉침식 표면조도계를 이용하였다.

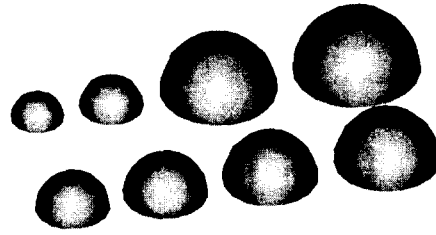


Fig. 3 Experiment models of FDM

4. 실험결과 및 고찰

4.1 실험결과

시작품의 표면거칠기 측정에서 얻어진 값을 Table 2, 3에 나타내었고, 층 간격을 0.3556으로 하였을 때 주사간격이 0.8170과 0.4150인 것을 Fig. 4, 5에 나타내었고, 층 간격을 0.2540으로 하였을 때 주사간격이 0.4070과 0.8020인 것을 Fig. 6, 7에 나타내었다.

Table 2 Result data of experiment

Slice Interval(mm)	0.3556			
	0.8170		0.4150	
Road Width(mm)				
Diameter (mm)	Ra (μm)	Rmax (μm)	Ra (μm)	Rmax (μm)
25	29.44	115.65	21.74	99.5
30	31.15	122.45	24.23	102.9
35	25.82	108	21.5	94.1
40	25.6	105.1	23.12	97.7
45	26.54	110.55	22	96.8
50	25.78	108.7	21.85	93.25
55	26.51	105.9	18.53	88.9
60	24.23	98.3	18.5	87.4

Table 3 Result data of experiment

Slice Interval(mm)	0.2540			
Road Width(mm)	0.8020		0.4070	
Diameter (mm)	Ra (μm)	Rmax (μm)	Ra (μm)	Rmax (μm)
25	27.3	107.5	24.07	122.7
30	28.8	103.7	25.19	124.4
35	25.6	101.3	24.29	128
40	27.2	111.55	25.07	117.5
45	27.14	108.75	25.58	124
50	26.94	111.25	25.1	121.9
55	26.12	103.5	23.64	113.2
60	24.63	104.4	25.1	116.3

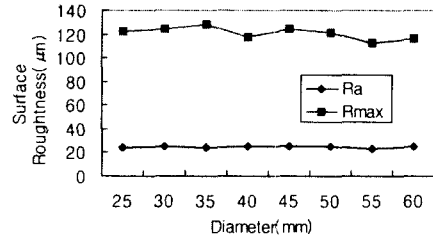


Fig. 7 Result of adjustment angle

4.2 실험의 고찰

본 실험의 결과에서 알 수 있듯이 반구형에서 지름의 변화는 표면거칠기에 큰 변화를 주지 못하는 것으로 나타났다. 그것은 지름의 변화는 구의 접선의 기울기에 영향을 미치지만 일정한 측정 범위에서의 접선 기울기가 일정하므로 그리 큰 영향을 주지 못하는 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구는 FDM장치를 이용한 급속시제품에서 반구형의 지름의 변화에 따라 표면거칠기를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

실험에서 구형의 지름 변화에 따른 표면 거칠기의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 층 간격과 주사 간격이 감소함에 따라서 표면거칠기는 작은 쪽으로 향상되었다.

이것은 적층방식인 FDM장치의 시제품인 구형의 측면에 발생한 계단형상에 의한 것으로 직경의 변화는 거의 표면 거칠기에 영향을 주지 않고 그 외의 주사량이나 주사간격의 감소는 표면거칠기를 미소하게 향상시킨다.

그러므로 구형의 제작에서 표면 거칠기를 개선하기 위해서는 주사량의 변화와 주사간격의 변화에 의해서 표면거칠기를 향상시킬 수 있으나, 그 향상의 폭이 크지 않기 때문에 표면정도를 정밀히 요구하지 않는 제품이나 반듯이 후가공을 정밀히 해야하는 제품에는 주사간격과 주사량 변화에 관계없이 제품을 제작하는 것이 시제품 생산 시간을 단축하는 경제적인 생산이 될 것이다.

참고문헌

1. S. H. Masood, W. Rattanawong and P. Lovenitti, "Part build Orientations Based on

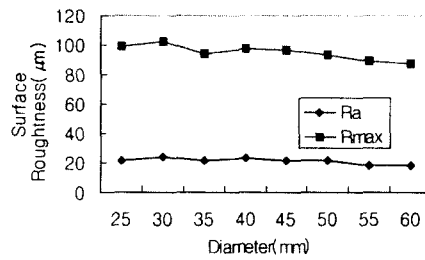


Fig. 4 Result of adjustment angle

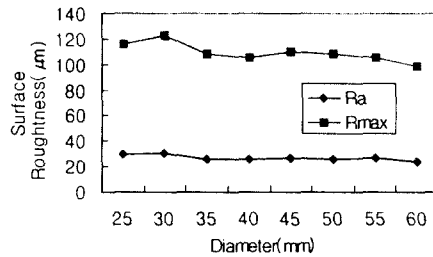


Fig. 5 Result of adjustment angle

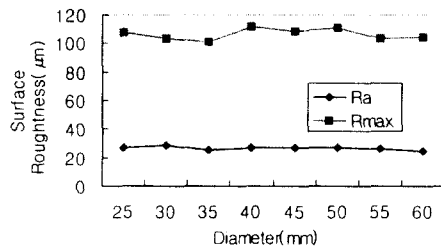


Fig. 6 Result of adjustment angle

volumetric Error in fused deposition modelling," International Journal Advanced Manufacturing Technology, pp. 162-168 2000.

2. Chua chee kai and Leong kah fai, "Rapid prototyping," John Wily & Sons, Inc, pp.95, 1997.

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. 변홍석, 신행재, 이관행 "RP 공정의 정밀도 비교 평가," 한국정밀공학회 2000년도 추계학술대회논문집, pp.330-333, 2000

5. 변홍석, 신행재, 이관행 "시작품의 형상정밀도 평가에 관한 연구," 한국정밀공학회 2000년도 춘계학술대회논문집, pp.307-310, 2000

6. 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.

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. FDM 3000 Manual