

FDM 장치에서 주사량과 시제품의 경사가 표면거칠기에 미치는 영향

Study on surface roughness by emanation and part angle changing at FDM

권광진*·전재익(부경대·원), 정진서(부산기능대), 김광희·하만경(부경대학교)

Kwang Jin Kwon·Jae Uhk Jun(PuKyung Graduated School)
Jin Seo Chung(PuSan Polytechnic College), Kwang Heui Kim
Man Kyung Ha(PuKyung 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 experiment on surface roughness of part at FDM

서 신속하고 정확하게 처리 할 수 있느냐가 중요하므로 3D 그래픽 프로그램들이 나타났다. 하지만 그래픽에서는 발견할 수 없었던 문제가 실제 생산에서 발생함으로 그래픽만으로 신뢰할 수 있는 자료를 제공할 수 없다.

이로 인해 급속조형법이 나타나게 되었다. 이것은 그래픽적으로 처리만 되어지면 짧은 시간 안에 시제품을 제작할 수 있어, 직접 시제품을 통한 검사가 이루어 질 수 있으므로 신뢰성 있는 자료를 제공한다.

그러나 이러한 쾌속 조형 장치의 시작품 제작은 하드웨어적인 면이나 소프트웨어적인 면에서 제품의 정밀도와 관계하여 많은 개선점을 가지고 있는 것도 현실이다. 그래서 이러한 문제에 대한 해결을 위해 많은 연구가 수행되어지고 있다.

변홍석과 신행재 등은 새로운 파트를 개발하여 각 RP장치에서의 형상정밀도 및 표면 정도를 비교 평가하였다.^(3,4) N.P.Juster는 각 쾌속 조형장비별로 구분하여 장비들의 정밀도를 높이기 위해서 새로운 벤치마크(Bench mark)를 제안하고 쾌속조형을 이용해 파트를 제작하고 측정하여 파트의 크기별로 정밀도를 평가하였다.⁽⁵⁾ R.Ippolito는 3D Systems사에서 제안한 원래의 벤치마크를 사용하여 RP 기술의 치수 정밀도와 표면의 사상을 연구하였다.⁽⁶⁾

본 연구에서는 FDM(Fused Deposition Modeling) 장치를 이용하여 주사량 변화에 따른 시

1. 서론

현대 산업사회에서의 산업 경쟁력은 다양하고 빠르게 변화하는 소비자들의 욕구에 발맞추어 얼마나 빨리 제품을 생산하는가에 달려있다. 그러므로 현대는 과거의 소품종 대량생산 체제에서 다품종 소량 생산의 시대로 전환됨에 따라 제품 개발에서 기간의 단축은 필수적인 것이 되었다.

이에 제품의 초기 개발부터 생산, 판매에 이르는 전과정에서의 순차처리가 아닌 몇 가지 과정을 동시에 처리하는 동시공학이 등장하였다.^(1,2)

그러나 실제 생산라인은 기존의 방식을 사용하여도 무방하지만 제품 개발 시에 설계와 검토에

제품 평면의 표면거칠기 변화와 다각면을 가지는 시제품에서 제품의 다각면에 미치는 영향에 대하여 측정·비교·분석하였다.

2 FDM 장치

2.1 FDM의 원리

FDM장치는 일반적 형태로 가는 실(filament)과 같은 고상의 열가소성 수지를 고온의 노즐헤드를 통해 액상으로 변화시켜 주사하여 가공테이블에 용착, 적층, 접합하며 또한 조형물의 지지를 위하여 다른 노즐로 지지대를 생성시켜 지지대를 포함한 3차원 형태의 가공물을 만든다. 여기서 지지대(Waterworks)를 포함하고 있는 제품을 용해액(Water-based solution)에 담구면 지지대가 화학적 분해되어 지지대가 깨끗이 제거되어 최종제품이 완성된다.

기본 구조 및 원리를 Fig.1에 표현했다.

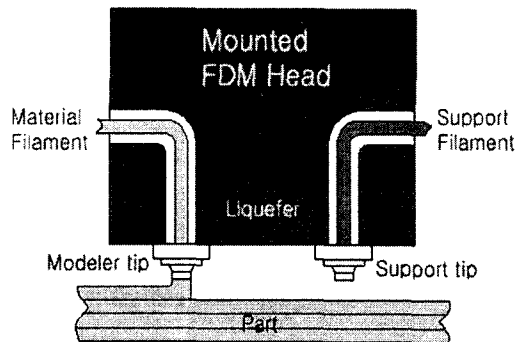


Fig. 1 Structure of FDM system

2.2 사용 소재

FDM 장치에서 현재 사용하는 재료는 ABS, wax, 고무가 있다. 이것들은 열이 가해지면 액화되거나 부드러워지며 대표적으로 다음과 같은 수지가 이용된다.

1) ABS(P400)

ABS 수지는 내구력, 고강도의 모델재료이다. 그래서 쾌속 조형시스템에서 기능성 시험이 가능

한 시작품을 제작할 수 있다. ABS는 내 충격성, 인성, 열 안정성, 내 화학성, 강성을 가지고 있어서 견본 부품의 기능 테스트 실행을 가능하게 한다. 이 재료는 사출금형을 위한 시작 금형을 만들 필요를 없게 한다. 이것은 경제적 시간적 이익이다. ABS 모델은 전통적인 방법의 구조에도 이용할 수 있다.

사용자들은 ABS 모델에 기계가공, 드릴, 텀, 도색, 접착, 사포질 등을 할 수 있다. ABS 수지는 고강성, 고경도, 저 수축률, 빠른 응고성 때문에 사출금형뿐 아니라 FDM에서도 유용하다. 그리고 다양한 색도 가질 수 있다.

2) ABSi (P500)

이것은 ABS 수지의 특별한 종류로써 ABS와 같은 기능적 특성을 가지고 있다. 첨가적으로 아이조드 충격시험(Izod impact strength)에서 176 J/m (3.3 ft-lb/in)의 강도를 가지고있어 쾌속 조형에서 요구하는 가장 좋은 충격강도를 가진다. 그리고 내 화학성이 있어 의료장비에 사용한다.

3) Elastomer (E20)

열가소성 폴리에스테르 고무는 기계적 강도와 내구성이 요구되는 유연성 있는 요소로 사용된다. 이것은 seal, bushings, 보호용 장화, 호스와 튜브, 완충기, 등에 사용된다. 자동차, 전기, 기계, 전동구, 스포츠 상품, 신발, 비포장 운송기는 빈번히 제품의 재료에 유사한 시작품을 요구한다. E20은 이런 유연성이 있는 테스트 제품설계에 사용할 수 있게 한다.

4) Investment Casting Wax (ICW 06)

이 산업 표준 investment casting wax는 재가 아주 적고, 깨끗한 표면을 가진다. 이것은 일반적인 인베스트먼트 주조공정에서 빠른 디왁스를 할 수 있어 주조공정에서 이상적이다.

(이상의 소재 중에서 본 연구에서는 FDM 장치에서 일반적으로 사용되는 ABS(P400)을 사용하였다.)

2.3 주사패턴

FDM 장치에서 주사 패턴은 3가지형태가 사용

하며 그 3가지 패턴은 회전형(Contour type), 왕복형(Raster type), 혼합형(Mix type ; Contour/Raster)이다.

회전형은 2차원적으로 조형된 도형의 외곽을 따라 차례로 내부를 채우는 방식으로 그 조형물의 가장자리를 따라 회전하다 보니 시간이 다른 패턴에 비해 오래 걸린다. 그러나 조형물의 표면 거칠기는 제일 향상된 형태를 나타낸다.

왕복형은 2차원적으로 조형된 도형을 지그재그 모양으로 왕복하여 외곽과 내부를 채우는 방식이다. 이 방식은 조형물의 표면거칠기가 회전형에 비해 불량하게 된다.

그러므로 외곽면을 모두 지그재그로 하면 표면이 불량해지므로 일반적으로 최외곽은 회전형으로 한번 주사하고 내부를 왕복하여 채우는 방식을 많이 사용한다

혼합형은 2차원화된 조형물에서 최 외곽의 어느 정도 두께는 회전형 방식으로 주사하고 그 나머지 내부는 왕복형 방식으로 채운다. 원칙적으로 왕복형과 혼합형은 구분되나 실제 왕복형의 제작에서는 조형되는 시작품의 표면 거칠기가 불량하게 되어 가장자리를 한번 정도만 주사하게 되므로 수차례 이상 외곽을 순차적으로 회전적층하고 내부를 채우는 혼합형과 구별된다.

Fig. 2에 FDM에서의 주사패턴을 나타내었다.

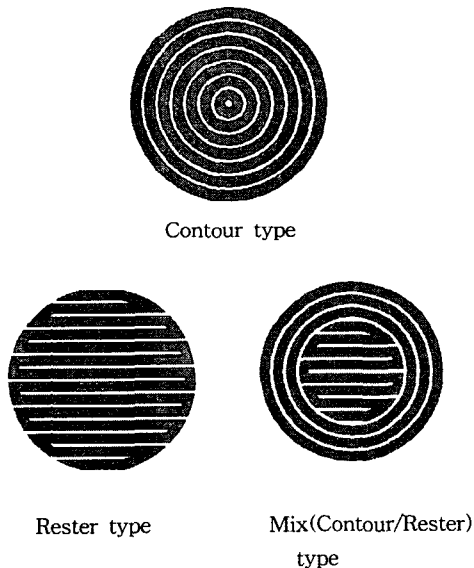


Fig. 2 Injection pattern of FDM

3. 실험 장치 및 실험 방법

3.1 실험 장치

본 연구 사용된 실험 장치는 Stratasys 사의 FDM 3000 이라는 모델로 그 크기는 660(w)×1067(h)×914(d)mm이고 이 장치를 이용하여 제작할 수 있는 최대 부품의 크기는 254×254×406mm이다. 이 장치에는 PC가 제공된다. 이 PC는 STL 포맷으로 만들어진 그래픽 파일을 퀵슬라이스(QuickSlice)라는 소프트웨어를 이용하여 STL 파일의 단면형상으로 변환한다. 그렇게 슬라이싱된 그래픽 데이터는 SSL 파일로 저장된다. 이 과정에서 모델을 배치하고 STL 파일의 오류를 수정한다. 다음 과정으로 서포트(support)를 생성하고 주사 패턴, 팁(Tip)의 종류 등을 설정한다. 이러한 일련의 과정을 거친 데이터는 최종적으로 SML 파일로 저장되어 FDM 장치로 전송되어 제품으로 생산되어진다.⁽⁷⁾

실험에 이용한 FDM 장치를 Fig. 1에 나타내었다.

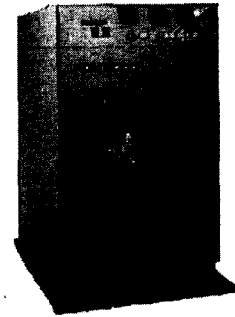


Fig. 3 Picture of FDM 3000

3.2 실험 방법

본 연구의 실험은 먼저 Auto CAD 프로그램을 사용하여 실험모델을 만들어 그 모델을 STL (Stereo lithography)파일로 변환한 후 본 실험장비가 제공하는 퀵 슬라이스(QuickSlice)라는 프로그램을 이용하여 FDM 장비에 필요로 하는 포맷으로 변환한 후 FDM 장치로 실험모델을 제작하였다.

실험에서 FDM장치의 노즐은 한 개로 고정하였으나 노즐을 통해 나오는 수지의 주사량을 2가지 형태로 하여 똑같은 형태의 실험모형을 각각 3개씩 제작하였다.

주사량 조절에 의한 노즐의 주사직경의 변화는 각각 0.315mm와 0.515mm로 하였다.

실험모형은 사각뿔형을 기본으로 각각 면의 경사각이 다르도록 모델링하였으며, 그 경사각은 5도에서 90도까지 5도 간격으로 기울기를 달리하여 총18단계의 각도를 생성시켰다.

실험에 이용한 다각면 모델의 모델링 형상을 Fig 4에 나타내었다.

그리고 시작모델의 각에 대한 표면거칠기를 측정하여 시작품의 각에 대한 표면거칠기를 비교하였다. 그리고 표면거칠기 측정에는 Mitutoyo 사의 축침식 표면조도계 Surfer 800 기종을 사용하였다.

Table 1에 표면조도계의 사양을 나타내었다.

Table 1 Measurement system

Wetric system	R
Weasuring speed	Auto
Weasuring range	600 μ m
Cutoff value λ c	0.8mm
Number of sampling lengths	5
Weasurement parameter	Ra, Ry

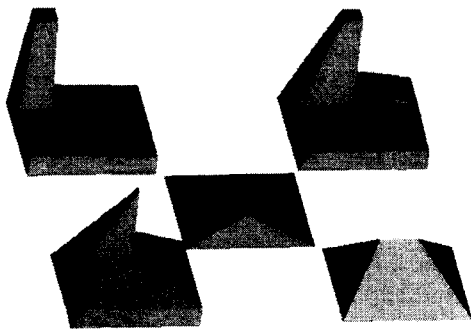


Fig. 4 Test part modeling

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 실험결과

시작품의 주사량 및 각도 변화에 대한 실험에 의해서 얻어진 표면 거칠기에 대하여 Table 2와 Table 3에 표시하였다.

그리고 각 P·R Profile 데이터 값을 Fig.5, Fig.6, Fig.7, Fig.8에 그래프로 나타내었다.

Table 2 Result data of experiment
(Injection nozzle dia. 0.315mm)

S.R.type angle (°)	P- PROFILE		R- PROFILE	
	Ra	Rmax	Ra	Rmax
5	37.16	234.95	39.2	212.32
10	55.43	243.1	50.12	224.1
15	56.18	229.05	54.8	220.7
20	53.12	203.9	52.59	207
25	46.42	191.65	46.84	195.62
30	39.04	172.2	39.14	183.8
35	34.39	161.1	34.44	166.25
40	30.21	138.65	29.96	150.7
45	27.33	132.9	27.43	134.2
50	24.18	119.45	24.18	127.8
55	22.9	114.6	22.73	117.6
60	21.91	110.2	21.67	110.65
65	19.86	101.3	20.3	106.55
70	19.38	96.25	19.23	100.5
75	18.54	93.3	18.76	95.1
80	19.79	91.7	17.5	92.35
85	17.98	90.45	17.78	90.52
90	19.09	93.6	15.4	87.3

unit(μ m)

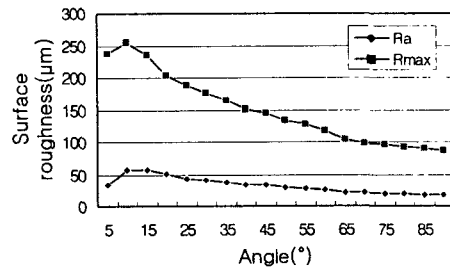


Fig. 5 Result of adjustment angle by Injection nozzle dia. 0.315mm(P-Profile)

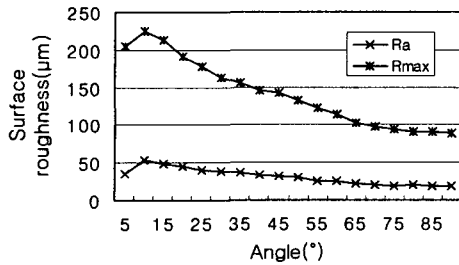


Fig. 6 Result of adjustment angle by Injection nozzle dia. 0.315mm(R-Profile)

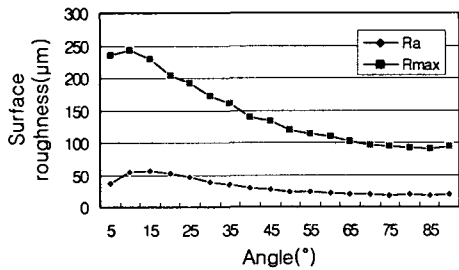


Fig. 7 Result of adjustment angle by Injection nozzle dia. 0.515mm(P-Profile)

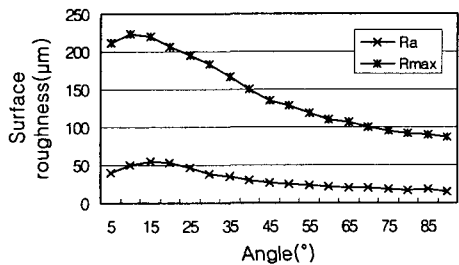


Fig. 8 Result of adjustment angle by Injection nozzle dia. 0.515mm(R-Profile)

4.2 실험의 고찰

실험의 결과에 나타난것과 같이 한 개의 노즐에 대하여 두가지 분사량 비교에 관한 실험에서는 시제품의 표면거칠기가 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 이것은 한 개의 노즐에서 수지의 압출력 조절에 의한 분사량 조절이 이루어지기 때문에 특히 다각면상의 조형물에 대하여서는 큰 차이가 나지 않은 것으로 사료된다.

Table 3 Result data of experiment (Injection nozzle dia. 0.515mm)

S.R.type angle (°)	P- PROFILE		R- PROFILE	
	Ra	Rmax	Ra	Rmax
5	33.1	237.21	35	204
10	57.4	254.4	52.87	225.4
15	56.22	235.8	48.6	212.7
20	50.39	204.7	45.1	191.2
25	43.1	187.6	40.66	177.5
30	40.6	175.8	38.7	163.46
35	36.29	164	36.13	156.3
40	33.94	150.1	33.81	146.38
45	32.37	144.6	32.31	142.27
50	29.6	132.36	29.6	132.4
55	27.61	126.7	25.4	121.8
60	24.84	118.3	24.59	113.8
65	21.64	104.8	21.37	102.8
70	21.64	98.9	20.4	97.2
75	19.1	95.24	18.89	94.4
80	19.65	92.1	19.56	90.8
85	18.02	90	17.69	90.3
90	17.7	87	18.03	88.1

unit(μm)

또한, 다각면상의 조형물의 실험결과는 데이터와 같이 15° 정도를 기점으로 하여 거칠기가 향상되는 형태를 보이고 있다. 이는 각면 형상의 시제품에서 각이 작을수록 적층되는 층과 층의 구분이 배가되어 나타난 현상이라 판단된다.

5. 결론

본 연구는 FDM장치를 이용한 금속시작품에서 주사량의 변화와 각도의 변화에 따라 표면거칠기 변화를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실험에서 한 개의 노즐에 대한 분사량에 변화에서는 표면거칠기의 변화는 크지 않은 것으로 나타났다.
2. 다각형의 조형물 실험결과에서는 표면거칠기가 15° 까지 증가되고 이 각도를 기점으로 점차 감소 되었다.

3. 다각형 조형물에서 표면거칠기는 15° 에서 가장 표면이 거칠게 된다.

이것은 적층 공정에 의한 방법으로 적층에서 계단형상이 발생하고 각 적층두께에 따라 계단형상의 차가 크게 되어 나타난 현상이다. 그러므로 15° 보다 큰 각에서는 계단형상이 조밀하게되어 표면거칠기가 좋아진다.

그리고 조형물의 표면 거칠기의 향상을 위한 방안으로서 15° 를 전후한 조형물의 제작에서는 적층두께를 조정하는 등의 기계적 조작이 필요할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- 1) 양동렬, 손현기, “패속제품(RP)을 위한 패속 조형기술의 최근동향”, 한국 정밀공학회지, 제 17 권, 제 10호, pp.5-10, 2000.
- 2) 간재훈, 이찬홍, 신보성, 송창규 “직접 절삭을 위한 FAN 시작품 제작 방식에 관한 연구“ 패속시작기술연구회 1999년도 춘계학술대회, pp. 7-12, 1999
- 3) 변홍석, 신행재, 이관행 “RP 공정의 정밀도 비교 평가” 한국정밀공학회 2000년도 추계학술대회논문집, pp.330-333, 2000
- 4) 변홍석, 신행재, 이관행 “시작품의 형상정밀도 평가에 관한 연구” 한국정밀공학회 2000년도 춘계학술대회논문집, pp.307-310, 2000
- 5) R.Ippolito, L.Iuliano, 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.
- 6) 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.
- 7) FDM 3000 Manual