한국 CAD/CAM 학회 논문집
제 11권 제 6호 2006년 12월 pp. 440-446

학술논문

쥬얼리 패턴제작시 주사경로생성시간 단축에 관한 연구

김태호*, 김수용**, 박재덕***, 김민주****, 전언찬*****

The Study on the Reduction of Laser Scanning Path Creation Time during Jewellery Pattern Manufacturing

T. H. Kim*, S. Y. Kim**, J. D. Park***, M. J. Kim**** and E. C. Jeon*****

ABSTRACT

This study relates to the effect of forming time of injection path on the total process. The whole process can be divided into build process of forming path of injection and after treatment process. The total time required for the whole process could be reduced by reducing the forming time of injection path using SLC file to correct the problems of STL file that is the basic file format for high speed molding devices. First of all, I verify the forming time of injection path according to the conditions of STL file during the formation of injection path. And I verify problems using STL file during formation of injection path. And then I tried to solve problems of STL file by comparing between the formation time of injection path and the existing method using SLC files.

Key words : Jewellery, Rapid Prototype, Laser Scanning Path, STL file, SLC file

1. 서 론

쾌속조형은 주로 자동차, 전자제품, 항공, 중공업 등 다양한 분야에서 제품의 설계 및 생산에 이용되고 있으며, 일본, 홍콩, 유럽 등지에서는 장신구인 쥬얼리의 패턴을 제작하는데 많이 사용되고 있다[1,2].

현대 사회에서 부의 축적 수단으로 인식되어오던 귀금속들이 젊은 소비층의 증가로 부의 가치가 아닌 하나의 패션으로 인식되었다. 그리고 다양한 연령층과 디자인변화로 인하여 제품 시장변화와 다양한 소비자의 욕구를 충족시켜야 하는 상황에 당면하게 되었다.

쾌속조형장치 하드웨어의 발달과 함께 레이저 빔사이즈가 작아지면서 고정밀도 쥬얼리 패턴 제작에 쾌속조형장치가 많이 사용되고 있다. 기존의 파라핀을 이용하여 제작하던 모형을 쾌속조형장치를 이용하여 제작함으로써 패턴의 강도 뿐만 아니라 실리콘 몰드 제작이 용이하게 되어 작업 공정 시간을 단축시킬 수 있다. 그리고 주사경로를 생성하는 자동생성 프로그램을 이용한 결과 보다 쉽고 빠르게 작업을 수행할 수 있다.

쾌속조형장치를 이용한 쥬얼리 제작에 대한 연구를 살펴보면 Lee[1] 등이 쾌속조형장치를 이용한 장신구 제작방법의 개발에 관한 연구를 수행하였고, Joo[2] 등은 듀라폼 성형체에서의 배치각 변화에 따른 쥬얼리 주조모형의 형상요소 변화에 대하여 연구를 수행하였다. 그러나 쾌속조형장치에서 쥬얼리 가공을 하기 위한 주사경로 생성에 관한 연구는 미흡한 실정이고 실제 주사경로를 생성하는데 대한 정확한 데이터가 부족한 실정이다. 그리하여 주사경로 생성시 가지는 여러 가지 문제점을 살펴보면 STL 파일(Stereo lithography file)이 가지고 있는 자체의 문제점[3-6]과 쾌속조형장치가 가지고 있는 단점인 적층 높이에 따라 제품의 표면조도가 결정됨[2]으로써 STL 파일 변환시 슬라이싱 높이를 낮추면 주사경로를 생성하는데 소요되는 시간이 전체 제품을 제작하는 공정시간 중 상당한 부분을 차지하게 된다. 그리하여 쾌속조형을 이용한 쥬얼리 패턴 제작시 주사경로 생성에 소요되

*교신저자, 정회원, 동아대학교 기계공학부 대학원
**학생회원, 동아대학교 기계공학부 대학원
***동아대학교 기계공학부 대학원
****LG 전자 연구소(텐진)
*****동아대학교 기계공학부
- 논문투고일: 2005. 09. 02
- 심사완료일: 2006. 11. 03

는 시간을 줄여야 되는 과제를 안게 되었다.

따라서 본 연구에서는 쥬얼리와 같은 복잡하고 미세한 형상에서 STL 파일 대신 SLC 파일(Slicing file)을 쾌속조형장치에서 사용하는 방법을 제안하고 슬라이싱 높이에 따라 주사경로 생성시간의 변화를 살펴보고자 한다. 또한 직접 쥬얼리 패턴을 제작하여 치수 정도를 비교함으로써 SLC 파일을 이용한 쥬얼리 패턴 제작의 타당성을 입증하고자 한다.

2. 주사경로 생성

2.1 STL파일과 SLC 파일

2.1.1 STL 파일

STL 파일은 삼각형 면분할법에 의해 삼각형 메쉬로 이루어져 3차원 형상을 나타낸다. 그리고 이 삼각형들의 꼭지점은 어느 쪽 면이 볼륨의 내부에 속하는지 나타낼 수 있도록 일정한 방향으로 정렬되어 있다. 하지만 이런 꼭지점들이 하나 이상의 면에서 나타나기 때문에 꼭지점의 좌표값이 여러 차례 기록되어 데이터의 양이 많아지는 단점을 가지고 있다.

2.1.2 SLC 파일

SLC 파일은 기본적으로 STL 파일이 가지고 있는 동일한 Z축의 좌표인 단면좌표만으로 이루어져 있기 때문에 STL 파일이 가지고 있는 문제점을 일부 해결할 수 있으며 데이터의 양도 상당히 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.

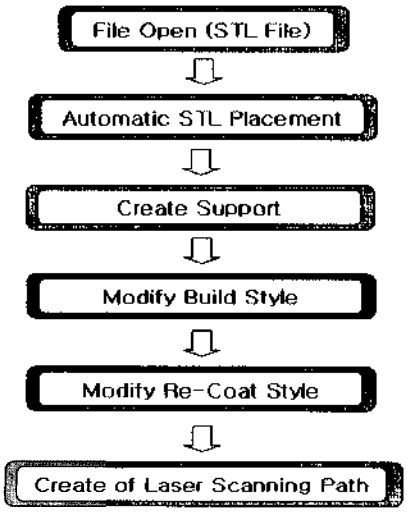


Fig. 1. Flow-chart for the creation of scanning path using SLC file.

2.2 STL 파일을 이용한 주사경로 생성방법

쾌속조형장치의 주사경로 생성은 쾌속조형장치에 따라 조금 변화가 있지만 일반적으로 다음과 같은 과정을 거친다.

먼저 가공할 공간(platform)을 선택하고 파일을 연다. 그리고 파일의 위치를 지정하고 지지대(support)를 생성한 후 가공조건을 선정한다. 가공조건에는 적층 높이와 리코트(re-coat style)를 선정하고 마지막으로 주사경로를 생성하면 쾌속조형장치에서 사용할 수 있는 주사경로가 생성된다. 이를 Fig. 1에 나타내었다.

3. 실험방법

3.1 주사경로 생성시간을 검증하기 위한 실험방법

주사경로 생성시 사용되는 STL 파일의 슬라이싱 높이에 따라 데이터의 양이 기하급수적으로 늘어난다. 이것은 쾌속조형장치에서 사용되는 주사경로를 생성할 때 상당한 애로사항을 유발한다. 그렇기 때문에 본 실험에서는 SLC 파일과 STL 파일을 이용하여 주사경로를 생성시간을 측정하여 비교하고자 한다. 그리고 SLC 파일과 STL 파일을 이용한 쥬얼리 패턴을 실제 제작하여 각 축간 치수 오차를 비교함으로써 SLC 파일을 이용한 3차원 패턴 제작의 타당성을 입증하고자 한다. 이런 일련의 과정을 도식화하여 Fig. 2에 나타내었다.

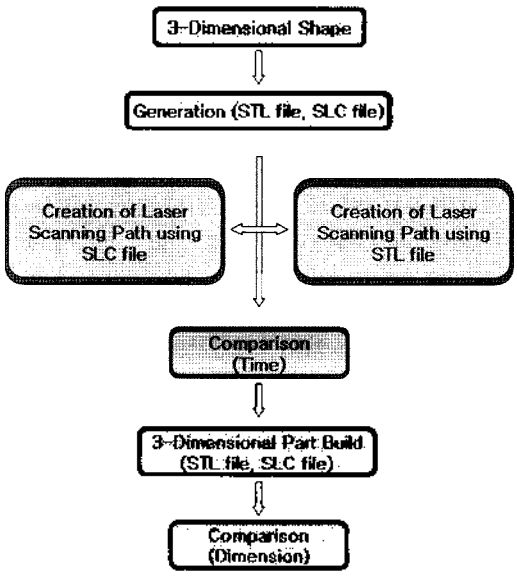


Fig. 2. Experiment method for comparison of creation time on laser scanning path.

3.2 실험에 사용된 쥬얼리 모델시편

시편은 쥬얼캐드를 이용하여 임의의 11가지 모형을 모델링하고 이를 STL 파일과 SLC파일로 변환하여 실험에 이용하였다. 이를 Fig. 3에 나타내었다. 이 쥬얼리 모형을 이용하여 슬라이싱 높이를 0.1 mm~0.01 mm까지 동일한 형상을 STL 파일과 SLC 파일로 변환하여 슬라이싱 높이와 폴리곤의 개수의 변화를 관찰하였다. 그리고 슬라이싱 높이를 0.01 mm로 일정하게 하고 쥬얼리 개수를 증가시키면서 주사경로 생성시간을 확인하였다.

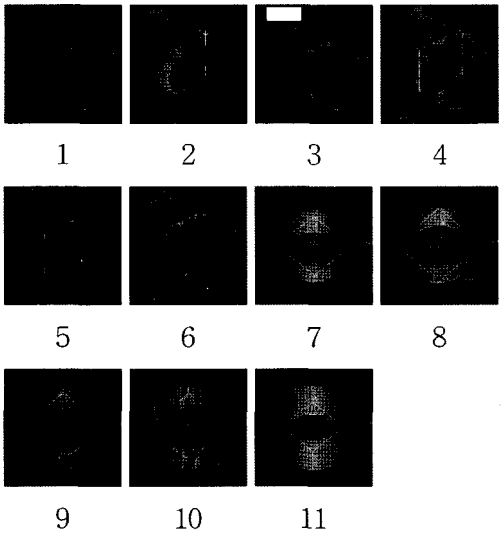


Fig. 3. Creation time of laser scanning path using jewellery.

3.3 실험에 사용된 주사경로 생성 프로그램

주사경로는 3Dsystem 사의 3D Lightyer를 이용하여 생성시켰다. Fig. 4는 쥬얼리 모형을 이용하여 주사경로 생성시 소형보석들이 플랫폼에 정열된 모습을 보여주고 있다. 일반적으로 STL file의 경우 모든 프로그램에 자동으로 위치 및 높이 조절이 가능하다. 그러나 SLC 파일의 경우 서포트 생성이 불가능하여 쾌속조형장치에서 사용할 수 있는 주사경로를 생성할 수 없다.

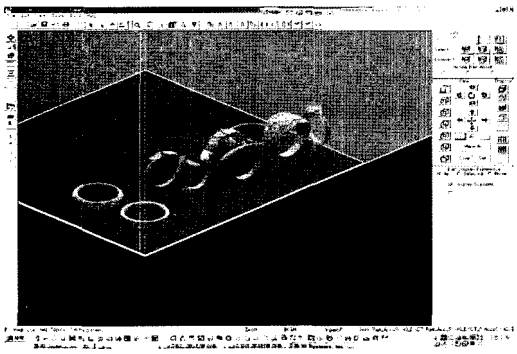


Fig. 4. Program for creation of laser scanning path using experimen (3D Lightyer).

4. 결 과

4.1 SLC 파일을 이용한 주사경로 생성방법

쾌속조형장치는 STL 파일을 기본으로 사용하여 주사경로를 생성한다. 하지만 쥬얼리의 경우 형상이 복잡하기 때문에 STL 파일 변환시 슬라이싱 높이에 따라 파일의 크기가 커져 핸들링하기가 어려운 단점을 가지고 있다. 그리하여 다음과 같은 방법으로 SLC 파일을 이용하여 주사경로를 생성하였다. SLC 파일의 주사경로 생성방법은 3차원 형상 설계시 형상의 변형이 생기지 않도록 지지구조물을 생성시키고 SLC 파일로 변환한다. SLA Type에서 사용되는 기본 프로그램에서는 서포터가 STL 파일을 기준으로 생성한다. 그렇기 때문에 SLC 파일을 이용하여 주사경로를 생성하기 위해서는 SLC 파일을 지지해주는 지지구조물을 생성하여야 한다. 그래서 베이스를 STL 파일로 생성시키고 플래폼과 구조물을 제거하기 위한 Suppert를 생성시킨다. 생성된 베이스 위에 SLC 파일을 올려놓고 적층높이, 리코팅 속도 등과 같은 물성치를 설정한 후 주사경로를 생성시킨다. 이와 같은 과정을 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다.

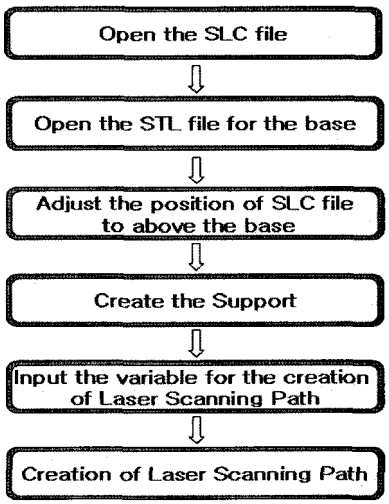


Fig. 5. Flow-chart for the creation of scanning path using SLC file.

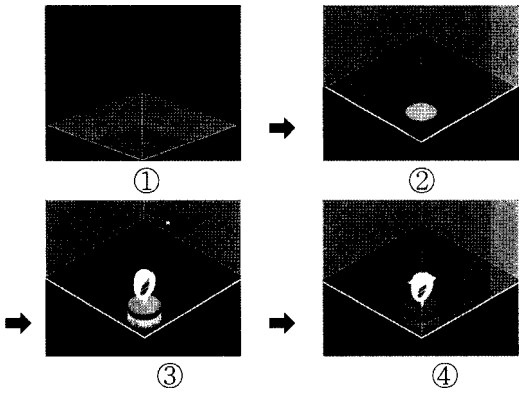


Fig. 6. Method for creation of laser scanning path using SLC file.

4.2 STL 파일과 SLC 파일의 크기 비교

쾌속조형장치의 표준 파일포맷인 STL 파일은 슬라이싱 높이에 따라 크기가 점차 커지며 STL 파일과 SLC 파일의 크기는 0.1 mm에서 생성되는 비율이 모든 슬라이싱 높이에 거의 일정한 비율로 나타났다. Table 1은 File Name 1인 Part 형상의 SLC 파일과 STL 파일의 슬라이싱 높이를 0.1 mm~0.01 mm까지 각각의 크기를 비교하였다.

Table 1. Rate of STL file and SLC file size created at modeling file conversion (File name 1)

File Name 1			
	SLC	STL	rate
1(0.1 mm)	96KB	7975KB	83.1
2(0.09 mm)	106KB	9008KB	84.9
3(0.08 mm)	119KB	10126KB	85
4(0.07 mm)	137KB	11625KB	84.8
5(0.06 mm)	159KB	13489KB	84.8
6(0.05 mm)	190KB	16087KB	84.6
7(0.04 mm)	238KB	20296KB	85.2
8(0.03 mm)	317KB	27045KB	85.3
9(0.02 mm)	475KB	40521KB	85.3
10(0.01 mm)	887KB	72100KB	81.2

Fig. 7은 SLC파일 크기를 기준으로 STL 파일의 비율(rate)을 나타낸 그래프이다. 각각 다른 11가지의 형상을 사용하였으며 일반적으로 완전한 솔리드의 경우 80배 이상의 차이가 났지만 샘플 10의 경우 60배 정도의 차이가 났다. 이 결과는 샘플 10번의 형상은 일반적인 반지 형상이 아닌 글자로만 이루어진 형상이다. 그렇기 때문에 다른 형상보다 파일 변환에서 생기

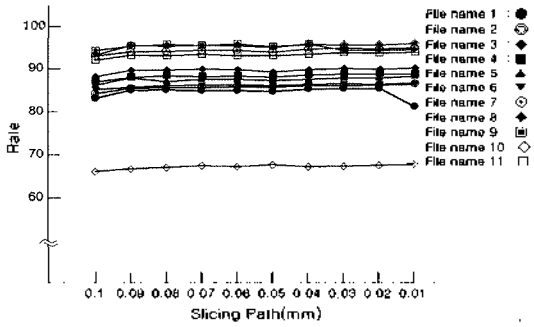


Fig. 7. Rate of STL file and SLC file size created at modeling file conversion.

는 크기의 차이의 비가 작게 나타내었다. 이것은 체적에 따라 파일변환시 크기의 비가 결정되는 것을 알 수 있었다.

4.3 STL 파일을 이용한 주사경로 생성시간

STL 파일은 기본적으로 삼각형 메쉬를 이용하여

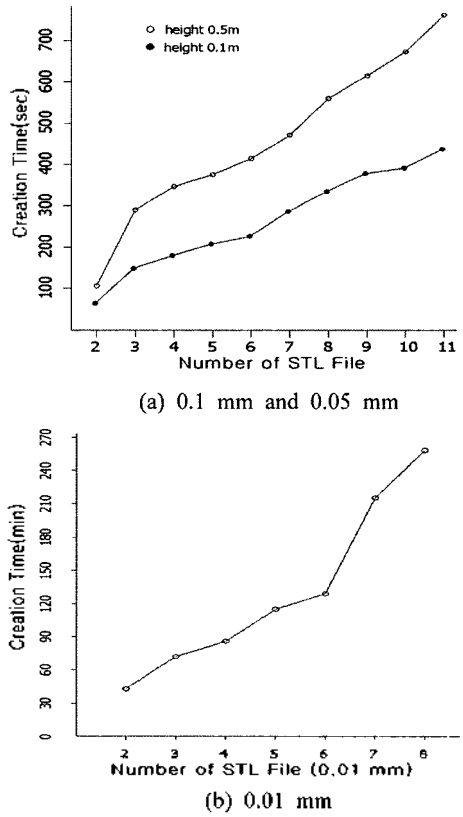


Fig. 8. Laser scanning path creation time of stl file according to slicing height.

3차원 형상을 구현함으써 보다 쉽게 3차원 형상을 구현할 수 있지만 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 특히 쥬얼리의 개수가 많아지면 한번에 처리해야 되는 파일의 크기가 많아지기 때문에 주사경로 생성시간이 길어진다.

본 실험에서는 각각의 슬라이싱 높이에 따라 생성된 쥬얼리 모델의 개수를 하나씩 증가시키면서 주사경로 생성시간을 나타내었다. 슬라이싱 높이는 0.1 mm, 0.05 mm, 0.01 mm의 3가지 조건을 이용하였다.

슬라이싱 높이가 낮아지고 개수가 증가하면 주사경로를 생성하는데 걸리는 시간이 길어진다. 이것은 슬라이싱 높이가 낮아지고 파일의 개수가 증가함으로써 연산작업을 수행하는 파일의 크기가 커져 주사경로를 생성하기 위한 시간이 오래걸린다. 이를 Fig. 8에 나타내었다.

4.4 SLC 파일을 이용한 주사경로 생성시간

쾌속조형장치의 패턴제작에서는 각각의 슬라이싱 높이의 X, Y 좌표점으로 형상을 가공하기 때문에 SLC 파일이 가지는 3차원 형상의 Data만으로 쾌속조형장치의 주사경로를 생성할 수 있다.

Fig. 9은 SLC 파일을 이용한 주사경로 생성시간의 변화를 나타낸 것이다. 슬라이싱 높이와 쥬얼리 모델의 개수의 증가에 따라 주사경로 생성시간이 선형적으로 증가하는 것을 확인하였다. 그리고 쥬얼리 패턴을 제작하는데 전처리 단계인 주사경로 생성에서 STL 파일을 이용하여 주사경로 생성을 한 시간보다 40배 이상 절약하였다. 이것은 기존의 STL 파일을 사용하여 생성시킨 주사경로 시간보다 SLC 파일을 이용하여 주사경로를 생성시키는 것이 훨씬 경제적인 것을 보여주는 것이다.

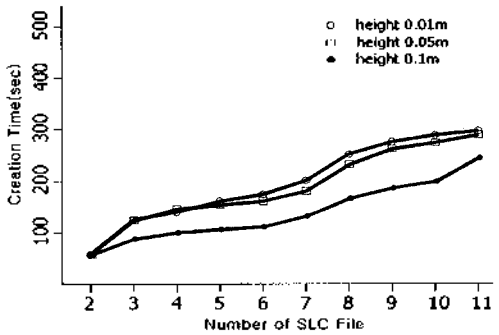


Fig. 9. Laser scanning path creation time of slc file according slicing height.

4.5 슬라이싱 높이에 따른 주사경로 생성시간 비교

STL 파일에서 동일 Z축만으로 이루어진 SLC 파일은 STL 파일보다 적은 데이터양을 가진다. 이는 컴퓨터의 부동소수점 연산을 줄여 주사경로 생성 시간을 단축시킬 수 있다. Fig. 10은 0.1 mm, 0.05 mm 그

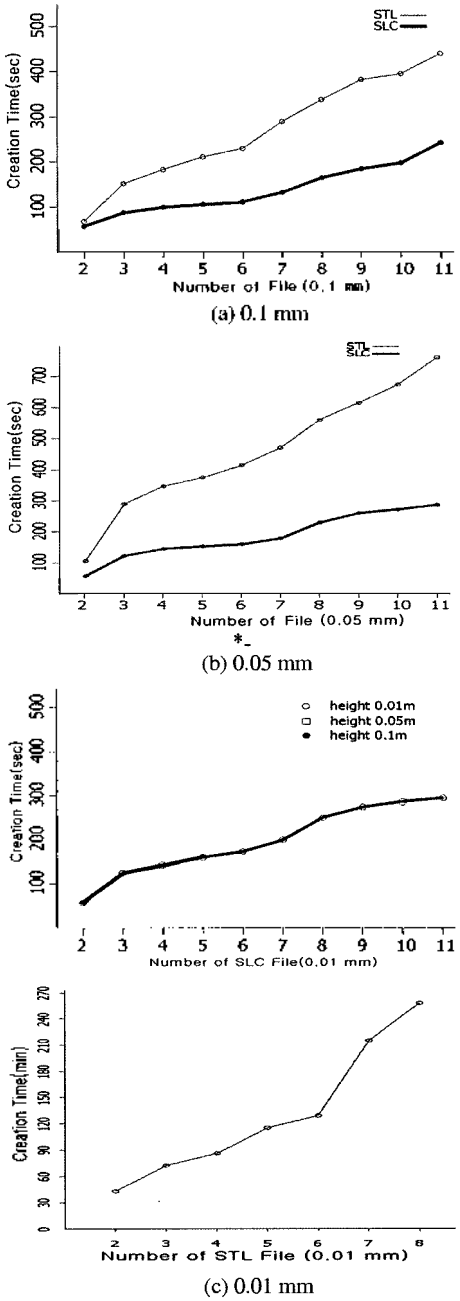


Fig. 10. Comparison of laser scanning path creation time by slicing height (STL and SLC).

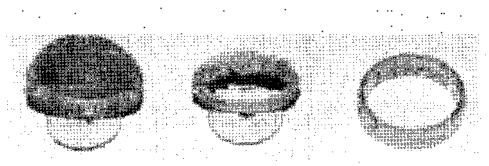
리고 0.01 mm의 주사경로 생성시간을 비교한 그래프이다. STL 파일보다 SLC 파일을 이용하여 주사경로를 생성함으로써 패턴 제작에서 사용되는 전처리 시간을 줄일 수 있었다. 그리고 슬라이싱 높이가 일정하고 Part수가 증가할수록 주사경로 생성시간의 차이가 많아지는 것을 확인할 수 있었다.

0.01 mm의 경우는 파트의 개수가 적을 때는 두 파일 모두 적은 시간에 주사경로를 생성할 수 있었다. 그러나 STL 파일은 8개 이상의 파일을 한번에 작업하여 주사경로를 생성시키는데 어려움을 보였다. 그러나 SLC 파일을 이용할 경우 파트 개수에 제약을 받지 않았다. 이는 SLC 파일을 이용하여 패턴을 제작할 경우 개수의 제약은 주사경로 생성시간에 의한 영향보다는 플랫폼의 크기에 영향을 받는다는 것을 확인하였다.

4.6 3차원 형상의 치수비교(STL파일, SLC파일)

쾌속조형장치의 3차원 쥬얼리 패턴 제작에서 치수에 영향을 주는 인자를 제거하기 위하여 패턴 제작은 수축률 보정없이 제작하였다. Fig. 11는 SLC file과 STL file을 이용하여 같은 종류의 패턴을 제작하였다.

기본치수는 3차원 모델링 Data에서 각축 방향의 거리를 기본치수로 하였다. 그리고 쾌속조형장치를 이용하여 STL 파일과 SLC 파일의 쥬얼리 패턴을 제작하여 세 축의 길이를 측정한 후 모델링 데이터와 비교하였다. 각 축의 길이 오차가 장비의 기계 오차 범위에 존재하였다. 그리고 수축률을 고려하면 치수정밀도를 높일 수 있으므로 STL 파일 대신 SLC 파일을 이용하여 쥬얼리 패턴 제작이 가능하다고 판단되어진다. 이를 Table 2에 나타내었다.



(a) SLC file

(b) STL file

Fig. 11. Manufacturing of jewellery pattern using STL and SLC file.

Table 2. 3-dimension shape length error of each axis according jewellery pattern manufacturing

Length Error of Each Axis						
Axis / Name	X 축		Y 축		Z 축	
	STL	SLC	STL	SLC	STL	SLC
1	0.19	0.26	0.15	0.22	0.1	0.15
2	0.13	0.09	0.19	0.49	0.15	0.19
3	1.21	1.15	0.01	0.18	0.12	0.19
4	0	0.03	0.27	0.22	0.27	.032
5	0.05	0.04	0.15	0.25	0.01	0.07
6	0.3	0.3	0.22	0.17	0.03	0.04
7	0.05	0.24	0.06	0.22	0.06	0.03
8	0.06	0.02	0.45	0.41	1.05	10.3
9	0.63	0.33	0.29	0.31	0.42	0.4
10	0.08	0.19	0.11	0.23	0.05	0.05
11	0.02	0.08	0.30	0.28	0.03	0.03

5. 결 론

STL 파일과 SLC 파일을 이용하여 쾌속조형장치의 주사경로 생성시간 및 치수오차를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 쾌속조형장치의 주사경로 생성시 STL 파일을 대신할 수 있는 SLC 파일을 이용하여 주사경로를 생성하는 방법을 제시하였다.

2. SLC 파일의 경우 슬라이싱 높이와 개수의 증가에 따라 주사경로 생성시간이 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있었다.

3. 쾌속조형장치의 주사경로 생성시 개수가 많아질수록 STL 파일보다 SLC 파일이 주사경로 생성시간이 현격하게 줄어들어 소형보석류의 전체 생성시간을 단축시키기 때문에 SLC 파일을 사용하는 것이 더 경제적인 것을 알 수 있었다.

4. SLC 파일을 이용한 쥬얼리 패턴의 치수 오차와 STL 파일을 이용한 치수오차 비교를 통하여 SLC 파일을 이용한 패턴제작의 타당성을 입증하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RT104-01-03)지원으로 수행되었습니다.

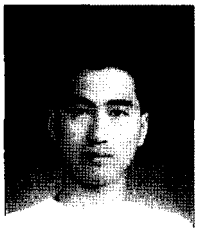
참고문헌

1. 이호용, 이중연, 김영아, 범형택, "쾌속 3차원 조형

시스템을 활용한 장신구 제작방법의 개발", 동국논총, 제37호., pp. 195-207, 1998.
2. Joo, Y. C. and Song, O. S., "Jewelry Model Cast Elements Evolution with Aligment Angle in DuraForm Rapid Prototyping", *KFS*, Vol. 21, No. 5, pp. 290-295, 1990.
3. Chae, H. C., "Creation of Topological Information from STL Using Triangle Based Geometric Modeling", *KSPE*, Vol. 14, No. 2, pp. 136-144, 1997.
4. Park, J. B., Son, Y. J., Kim, S. K., Jeon, E. C. and Kim, J. W., "A Study on DB Construction for Error Modification of STL Format and Efficiency by Shape Restoration", *KSPE*, Vol. 16, No. 9, pp. 143-148, 1999.
5. Myung, T. S., Chae, H. C. and Kim, O. H., "Application of Delaunay Triangulation on RP", *KSPE*, Vol. 8, No. 3, pp. 35-41, 1996.
6. Kim, T. H., Kim, M. J., Lee, S. S. and Jeon, E. C., "The Study on Reduction of Scanning Path Build Time According to Control of STL file Slicing Height - Application of Small Jewellery", *KSPE*, Vol. 22, No. 12, pp. 205-210, 2005.

김 태 호

2000년 동아대학교 기계공학과 학사
2003년 동아대학교 기계공학과 석사
2006년 동아대학교 기계공학과 박사과정 수료
관심분야: Rapid Prototype, CAD/CAM Reverse Engineering



김 수 용

2003년 동아대 기계공학과 학사
2005년 동아대 기계공학과 석사
2006년~현재 동아대 기계공학과 박사과정
관심분야: Reverse Engineering, CAD/CAM

박 재 덕

2002년 동아대 신발공학과 석사
2005년 동아대 기계공학과 박사수료
2006년 FIT Mold 부사장
관심분야: 금형, 절삭가공

김 민 주

1997년 동아대학교 기계공학과 학사
1999년 동아대학교 기계공학과 석사
2002년 동아대학교 기계공학과 박사
2005년~현재 텐진 LG 전자 기술 연구소
관심분야: CAD/CAM, CAE, Reverse Engineering

전 언 찬

1979년 동아대학교 기계공학과 학사
1982년 동아대학교 기계공학과 석사
1985년 일본 동경대학교 객원 연구원
1987년 충남대학교 기계공학과 박사
1993년 일본 동경농공대학 방문교수
1993년~현재 동아대학교 기계공학과 교수
관심분야: Rapid Prototype, 절삭가공 Reverse Engineering