자동설계프로그램 개발 및 활용에 관한 연구

이승수†·김민주*·김태호*·김성욱*·박정보**·전언찬***

A Study on the Application and Development of Automatic Design Program

Sung-Soo Lee† , Min-Ju Kim, Tae-Ho Kim, Seung-Wook Kim, Jeung-Bo Park, Eon-Chan Jeon

Key Words: Object-oriented(객체지향), Automatic Design System(자동설계프로그램)
Rapid prototype(급속조형),

Abstract

This study is described about development method and application of developed automatic design program. Automatic design program is the object-oriented program which based on mathematical algorithm. Automatic design program can do mathematic operation according to program contents. Also it can do modeling of shape. Shape modeling method is based on mathematical and geometrical algorithm. And created models can generate NC manufacturing program from CAM software. Also STL file format that is changed form created models can do RP manufacturing.

1. 서 론

최근 기계 및 제조분야에 널리 도입되어 사용되고 있는 CAD/CAM시스템은 3차원 서피스 모델(Surface model) 및 솔리드 모델(Solid model)을 사용함으로써 설계와 제작간의 공정단일화 및 생산성 향상을 도모하고 있다. 그러나 이러한 3차원 모델링은 그 유용성에도 불구하고, 모델링 시간의 과다 및 이를 수행하는 전문인력부재 등의 문제점을 안고 있다. 이를 해결하고, CAD 본래의 의미인 컴퓨터 이용설계를 구현하기 위한 방법의 일환으로 최근 자동설계프로그램이 각광받고 있다.

† 동아대학교 기계공학과 정밀가공실험실
E-mail : matisses@lycos.com
TEL : (051)200-6847 FAX : (051)200-7656
* 동아대학교 기계공학과 정밀가공실험실
** 삼척대학교 기계공학과
*** 동아대학교 기계·산업시스템공학부

자동설계프로그램은 설계에 필요한 몇 가지 요소만을 입력받아 2차원 및 3차원 모델을 자동생성하는 프로그램을 통칭하는 것인데, 일반적으로 AutoCAD의 VisualLISP 프로그램이 주로 사용된다. 그리고 자동설계프로그램은 모델링 전문가가 아니더라도 기계공학적 지식을 가진 사용자라면 누구나 쉽게 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 ADS에 관한 연구를 살펴보면, 김 등[1]이 VisualLISP을 이용한 마스터기어 자동설계 프로그램을 개발하였고, 조 등[2]이 AutoLISP을 이용한 기어설계 프로그램을 개발하는 등 활발히 진행되고 있다. 그리고 Tavakoli 등[3]이 스퍼기어의 최적 프로파일 형상을 모델링하고, 이를 활용하여 응력해석을 수행한 연구들이 있다. 하지만 지금까지 연구된 자동설계 프로그램들은 대부분 2차원화된 도면을 지원하는 형태를 가지고 있다. 김 등[4]이 AutoCAD 프로그램을 이용한 자동펌프설계 시스템을 개발한 경우 및 박 등[5]이 휠 볼트 제작을 위한 공정설계 자동화 시스템을 개발한 경우, 그리고 Choi 등[6]이 단조공정에 이용되는

자동모델링에 대한 연구를 수행하고, Sevenler 등[7]이 냉간단조에 이용되는 성형모델을 자동생성하는 연구를 수행한 경우와 같이 2차원 도면자동화에 관한 연구는 다양하게 이루어지고 있지만 3차원 모델을 지원하거나 자동설계 프로그램의 다양성에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 자동설계프로그램의 다양한 활용방법을 제시하기 위하여 CAD/CAM 시스템에 공통으로 사용되는 3차원 모델 자동생성 프로그램의 하나인 나사자동설계프로그램과 수학적 계산프로그램 및 데이터 호환 프로그램을 개발하고자 한다.

2. 자동설계프로그램 개발

2.1 VisualLISP의 개요

사용자 개발프로그램인 VisualLISP은 1980년 AutoCAD Release 2.1에 AutoLISP으로 소개되었으나 별도의 컴파일 과정을 거치지 않기 때문에 처리속도가 떨어지고, 소스 코드의 보안이 힘들다는 단점을 가지고 있다. 이런 점들을 개선한 것이 VisualLISP으로 이 프로그램은 컴파일 기능은 물론 소스보호 기능, 디버깅 기능, 그리고 Visual LISP 확장기능 및 ActiveX 인터페이스까지 지원하고 있다.

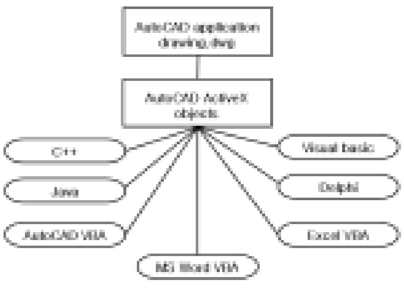


Fig. 1 Flowchart of ActiveX objects interface

Fig. 1은 AutoCAD 상에서 생성된 객체를 ActiveX 인터페이스를 통하여 여러 종류의 프로그램들에 적용할 수 있음을 나타내고 있다. 이와 같이 적용될 수 있는 프로그램들은 C++, Java, Visual Basic 및 Delphi 등이 있고, VBA(Visual basic application)를 통해 접근할 수 있는 프로그램은 AutoCAD, MS Word 및 Excel 등이 있다. 여기서 ActiveX는 ActiveX control, ActiveX script, ActiveX document 등의 기술을 총칭하는 의미지만 보통 ActiveX control을 지칭하며 ActiveX는 웹상에서 OLE(object linking and embedding) 기능을 제공하려는 마이크로 소프트의 객체지향 프로그램 기술들과 도구들의 총합이다.

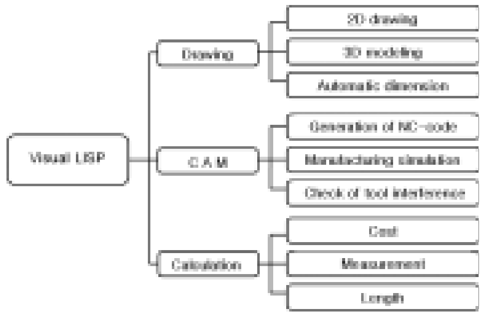


Fig. 2 Flowchart of possible working using VisualLISP

Fig. 2는 VisualLISP을 이용해서 AutoCAD상에서 구현할 수 있는 작업들을 나타낸 것으로 크게 3가지 정도로 나눌 수 있다.

첫째, Drawing으로 사용자가 원하는 기초적인 값만을 입력함으로써 원하는 2D와 3D 형상을 수초에서 수십 초만에 생성시켜줄 수 있을 뿐만 아니라 생성된 도면요소에 자동으로 치수를 부여할 수 있다. 그리고 도면관리에서부터 CAM 활용을 위한 모델의 제공까지 VisualLISP을 이용한 ADS 분야의 가장 기초적인 부분이 된다.

두 번째 CAM으로 Drawing에서 생성된 2D와 3D 형상을 이용하여 NC코드를 추출할 수 있을 뿐만 아니라 대화식 CAM 소프트웨어를 개발할 수 있다. 그리고 개발된 CAM 소프트웨어를 통해 가공용 NC코드 생성 및 생성된 코드를 기준으로 모의가공과 공구간섭 등과 같은 일련의 작업을 수행할 수 있다. 그리고 주축회전수, 이송속도 및 공구경로를 이용하여 가공시간까지 점검할 수 있으므로 상용 CAM 소프트웨어에서 구현할 수 있는 상당부분을 AutoCAD상에서 구현할 수 있다.

마지막으로 계산으로 블록화된 형상을 사용할 경우 도면에 입력된 블록의 개수에 따른 원가를 계산할 수 있으며, 계산된 결과는 ActiveX 인터페이스를 통해 Excel, C++ 및 Java 프로그램에 접목할 수 있어 공정관리나 생산관리를 하는 곳에 유용하게 사용될 수 있다. 뿐만 아니라 측정된 데

이터를 입력받아 수학적인 방법을 이용하여 측정 계산을 하여 사용자에게 제공할 수 있다. 그리고 IGES 파일 포맷과 같은 호환 가능한 모델링 데이터를 입력받아 그 데이터가 가지는 각종 치수를 계산해 낼 수 있다.

2.2 자동설계프로그램의 개발과정

AutoCAD 상의 사용자 개발 프로그램인 VisualLISP을 사용해서 각종 기계요소 자동설계 프로그램을 개발하였다. 그리고 자동설계 프로그램을 개발하기 위한 과정을 Fig. 3에 나타내었다.

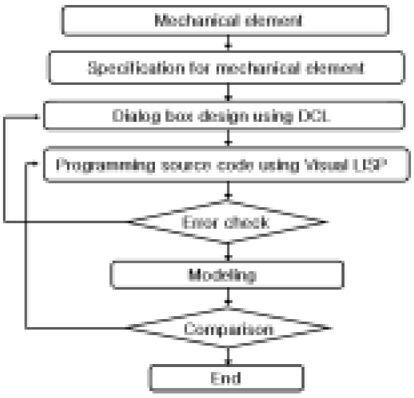


Fig. 3 Flowchart for automatic design program

우선 자동 설계할 대상물체를 선정하고, ISO, JIS 및 KS등을 참조하여 대상물체의 규격을 결정하였다. 그리고 DCL(Dialog control language)을 이용하여 대화상자를 구성하였다. 이때 대화상자는 대상물체의 종류, 입력요소의 개수 및 모델링의 난이도에 따라 구성하였다. 그리고 VisualLISP을 이용하여 프로그램의 소스코드를 작성하고, 디버깅과정을 통해 오류를 검사하였다. 이때 오류가 발생하면 DCL을 이용한 대화상자에서부터 발생된 오류를 찾아야 한다. 그리고 이상이 없으면 AutoCAD 상에서 작성된 LISP파일을 호출하여 모델링하였다. 이 때 AutoCAD 상에서 구현된 형상과 선정된 대상물체의 형상을 비교하여 이상유무를 확인하면 자동설계 프로그램이 완성된다. 자동설계 프로그램에서 가장 중요한 부분은 모델링 방법의 결정인데 새로운 모델을 생성시킴에 있어서 수학적, 기하학적 알고리즘을 적용해야 한다.

기계요소 자동설계 프로그램의 개발과정을 Fig. 4부터 Fig. 8까지 나타내었다. 이는 2D 형상의 키 홈(Key way)과 축 구멍(Shaft hole)의 자동설계 프로그램을 나타낸 것이다. 먼저 대상물체로 키 홈과 축 구멍이 선정되었으므로, 이들의 규격을 KS, JIS 및 ISO 등에서 조사하였다. 그리고 사용자로부터 입력받을 테이터를 결정하였다. 키 홈과 축 구멍을 설계하는데 있어 입력요소는 키의 폭과 높이, 그리고 축의 직경이다. 이를 모델링하기 위해서는 요소 각 부분의 정확한 좌표값이 필요하다. 입력요소만을 가지고 요소 각 부분의 좌표값을 산정하기 위해서 수학적 개념인 사인과 코사인으로 변환하여 초기에 어떠한 값이 입력되더라도 연동하여 그 크기 및 기하학적 좌표값이 변화할 수 있도록 하였다.

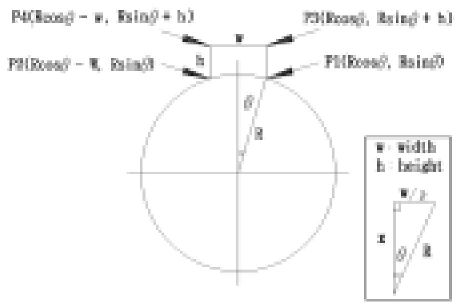


Fig. 4 Mathematical transformation of positional coordinate

Fig. 4는 입력요소의 수학적 변환을 나타낸 그림이다. 중심점을 (0, 0)으로 하였을 때 P_1점의 X축 좌표는 w/2이고, 이는 $R\sin\theta$로 표현된다. 그리고 Y축 좌표는 $R\cos\theta$이다. 따라서 P_1점의 좌표는 $(R\sin\theta,\ R\cos\theta)$이다. P_2, P_3 및 P_4점의 좌표는 P_1점을 기준으로 높이 값 h와 폭 값 w를 가감하여 구하였다. 그리고 P_2점의 좌표는 $(R\sin\theta,\ R\cos\theta+h)$이고, P_3점의 좌표는 $(R\sin\theta-w,\ R\cos\theta+h)$, 그리고 P_4점의 좌표는 $(R\sin\theta-w, R\cos\theta)$이다. 다음으로 대화입력창인 DCL프로그램을 개발하였다. 이 때 사용자에게 실제 대상물체의 입력값 위치를 알려주는 슬라이드 파일을 생성하여 DCL프로그램에 링크시켰다. 그러면 Fig. 6의 자동설계 프로그램 입력창 상단에서 슬라이드 파일이 링크된 모습을 확인할 수 있다. A_1은 키 홈의 폭, B_1은 키 홈의 높이, 그리고 C_1는 축 구멍의 반경을 나타내

고 있다.

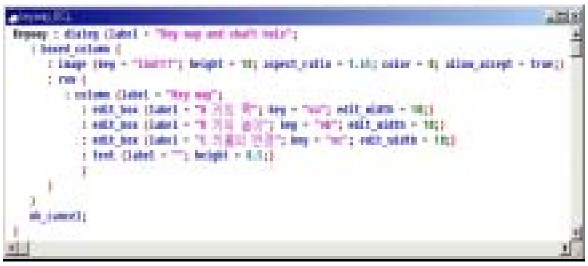


Fig. 5 DCL program for key way and shaft hole

Fig. 6 Dialog box of key way and shaft hole using VisualLISP

Fig. 5에 키 홈과 축 구멍 자동설계 프로그램의 대화입력창을 설계하는 DCL프로그램을 나타내었다. 이와 같은 DCL프로그램에 의해 생성된 입력창을 Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 7은 키 홈과 축 구멍 자동설계 프로그램의 주 프로그램을 나타낸 것으로 Fig. 4의 방법을 통해 획득된 네 점들의 기하학적 좌표를 이용하여 모델링하는 기법을 포함하고 있다. Fig. 8은 입력창에 사용자가 치수를 기입하고, 실행한 결과화면이다. 이 모든 과정이 AutoCAD를 실행한 상태에서 수행된다.

Fig. 7 Automatic design program for key way and shaft hole

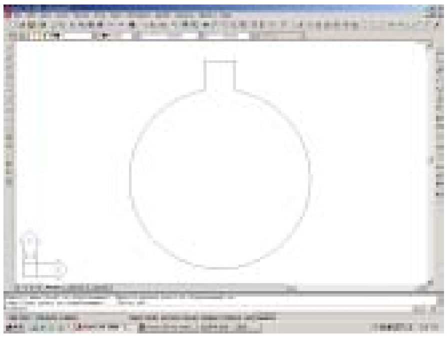


Fig. 8 Key way and shaft hole model using automatic design program

3. 자동설계프로그램의 활용예

3.1 나사자동설계 프로그램

Fig. 9는 본 연구에서 개발한 나사 자동설계프로그램의 대화상자를 나타내고 있다. 대화상자속에 몇가지 요소만을 입력하여 Fig. 10과 같은 3차원 모델을 생성할 수 있다. 사용자는 Fig. 9에 보이는 대화상자에서 먼저 미터 보통 나사나 미터가는 나사의 KS 규격을 선정하고, 나사머리 모양을 선택한다. 그리고 피치(pitch)의 개수를 입력하고, 회전각도를 선택한다. 그 후 사용자는 OK 버튼만 클릭함으로써 수초 내에 3차원 모델을 생성할 수 있다. 그리고 3차원 모델을 생성하기 위해 프로그램에서 사용한 수학적 알고리즘은 일반적인 나사산 역학을 이용하였다. 식 1), 2) 및 식 3)은 나사의 나선곡선에 대해 각축에 대한 값을 표현한 것으로 식에서 λ는 리드각이고, l은 피치이며, r은 나사의 반경이다.

$$x = r\cos\theta$$
$$y = r\sin\theta \qquad 1)$$
$$z = r\theta\tan\lambda$$

그리고 리드각은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\lambda = \tan^{-1}\frac{l}{\pi D} \qquad 2)$$

나사를 생성하는 과정은 우선 KS 규격에 맞는 직경요소를 원통형으로 생성시킨 후 피치의 골

모양에 상응하는 3D 모델을 나선의 중심점을 기준으로 주어진 각도대로 회전하면서 원통형 요소와 골 모양에 상응하는 3D 모델이 간섭을 일으키는 부분을 제거하는 방법으로 나사의 몸통을 만들었다. 그리고 KS 규격에서 정의한 나사의 머리모양을 둥근머리나사, 납작머리나사 및 납작머리접시나사로 정의하여 3D 모델을 생성시킨 후 미리 생성된 나사의 몸통과 결합시키는 과정으로 나사를 만들 수 있는 자동설계 프로그램을 개발하였고, 이와 동일한 방법으로 너트를 생성시킬 수 있는 자동설계 프로그램을 개발하였다.

나사 자동설계 프로그램은 KS규격으로 정확한 나사의 형상을 개발할 수 있기 때문에 생성된 나사모양을 AutoCAD상의 축소명령을 사용하여 미세 제품 조립시 결합요소로 활용하고자 개발하였다.

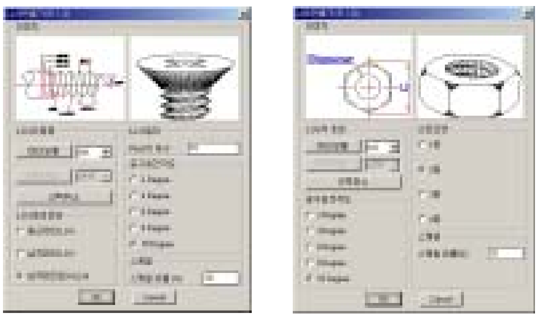


Fig. 9 Dialog box of screw using VisualLISP

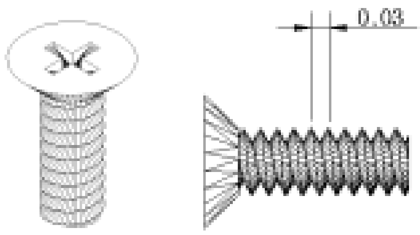


Fig. 10 3D solid model of screw using automatic design program

3.2 LSM, LSC 적용 계산 프로그램

Fig. 11은 본 연구에서 개발된 LSM(Least square method) 계산 프로그램의 대화상자이며, Fig. 11의 (a)는 실험에 의해 생성된 비정규적인 선형데이터들을 나타낸 것이다. 이들의 경향성을 분석하기 위하여 LSM을 적용하는 계산 프로그램을 Fig. 11의 (b)에 나타내었다.

범용공작기계의 테이블은 어떠한 형태로든 변형된 채로 공작물은 가공한다. 이때 레이저 측정장비를 이용하면 공작기계 테이블 처짐을 측정할 수 있다. 그래서 측정된 처짐량이 허용된 가공공차보다 작으면 테이블 전구간에서 가공작업을 수행할 수 있으며, 그렇지 않을 경우는 구간별로 측정하여 허용된 가공공차보다 처짐량이 적은 구간에서만 가공해야 한다.

이와 같이 레이저 측정장비를 사용하면 손쉽게 가공에 적합한 구간을 선별해 낼 수 있지만 가격이 고가 일뿐만 아니라 장비 세팅에 따른 문제점 및 전문적인 측정지식이 있어야 가능하다.

이런 문제점을 진직도 측정방법인 반전법을 응용하면 손쉽게 테이블 처짐량을 구할 수 있다. 이때 구해진 처짐량의 경향성을 파악하고 이 데이터를 사용자에게 제시하기 위하여 본 연구에서는 LSM 계산 프로그램을 개발하였다.

$$\begin{aligned} U_1^{\,2} &= \{y_1-(ax_1+b)\}^2 \\ U_2^{\,2} &= \{y_2-(ax_2+b)\}^2 \\ U_3^{\,2} &= \{y_3-(ax_3+b)\}^2 \\ &\vdots \\ U_n^{\,2} &= \{y_n-(ax_n+b)\}^2 \end{aligned} \qquad 3)$$

이 되고, 이것의 총합 S는

$$S=\sum_{i=1}^{n}\{y_i-(ax_i+b)\}^2 \qquad 4)$$

이 된다. 이 S를 최소로 하는 a 및 b는

$$\frac{\partial S}{\partial a}=0,\quad \frac{\partial S}{\partial b}=0$$

로 정해진다. 이식을 계산하면

$$\sum_{i=1}^{n} y_i = a\sum_{i=1}^{n} x_i + nb \qquad 5)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i y_i = a\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + b\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad 6)$$

의 연립방정식을 얻을 수 있다. 이 방정식을 풀고

$$\bar{x}=\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n},\quad \bar{y}=\frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n}$$

의 관계를 이용하면

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n}\{(x_i-\bar{x})^2(y_i-\bar{y})\}}{\sum(x_i-\bar{x})^2} = \frac{\sum xy - \frac{\sum x(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \quad 7)$$

b는 $\bar{y} = a\bar{x} + b$에서 구한다.

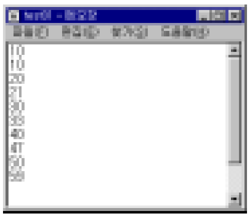
$$b = \bar{y} - a\bar{x} \quad 8)$$

따라서 구하는 최소자승 직선은

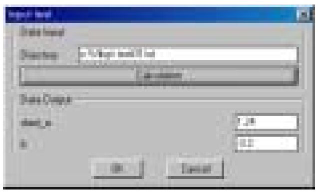
$$y = ax + b \quad 9)$$

로 표시한다.

여기서 a가 구하고자 하는 테이블의 처짐량의 기울기가 된다.



(a) Measurement data



(b) LSM calculation program

Fig. 11 LSM calculation program using VisualLISP

Fig. 12는 본 연구에 의해 개발된 LSC(Least square center)계산 프로그램을 나타낸 것으로 Fig. 12의 (a)는 실험에 의해 생성된 비정규적인 원형 데이터들을 나타낸 것이다. 이들을 포괄하는 기준원인 최소자승원을 그리기 위하여 LSC를 적용한 자동계산프로그램을 Fig. 12의 (b)에 나타내었다. 그리고 LSC는 도형과의 편차의 자승합이 최소로 되는 원, 즉 평균원을 산출하고, 그 원의 중심에서 도형까지의 최장거리와 최단거리의 차로서 진원도를 표시할 수 있다. 원운동을 테이블의 이송으로 구현하는 머시닝센터의 경우 원운동의 임의의 X축 좌표를 $r\cos\theta$, Y축 좌표를 $r\sin\theta$에 상응하는 데이터를 컨트롤러에서 서브모터로 전송한다. 이때 X, Y축의 위상변화에 따른 서브모터의 정회전, 역회전이 백래쉬(backlash)로 작용하여 공작기계의 진원도에 영향을 미친다. 이런 공작기계 테이블의 원운동에 대한 진원도는 측정장비인 기구볼바를 사용하여 측정해 낼 수 있다. 이 때 진원도 표현방식 중 하나가 LSC이다. 뿐만 아니라 주축증속기를 사용하여 주축회전수를 증가할 경우 주축증속기는 범용공작기계의 주축과 결합되어 회전하기 때문에 축결합에 따른 틸트모션(Tilt motion)이 예견된다. 이런 틸트모션에 대한 오차량은 갭센서(Gap sensor)를 사용해서 측정할 수 있다. 그리고 측정된 양은 LSC에 의해 중심과 편심된 거리와 반경오차 성분으로 분해가 가능하며 얻어진 오차량으로 공작기계의 정밀도를 판정할 수 있다.

이와 같이 LSC 계산 프로그램은 측정기를 이용하여 공작기계의 테이블 진원도 및 주축의 틸트모션을 측정할 수 있다.

(a) Measurement data (b) LSC calculation program

Fig. 12 LSC calculation program using VisualLISP

3.3 RP가공용 파일자동변환 프로그램

CAD에서 생성된 3D 솔리드 모델링 데이터를 STL파일형식으로 변환시켜 RP시스템에 제공하면 손쉽게 시작품을 만들 수 있다. 이런 RP기법으로는 SLA, FDM(Fused deposition modeling), SLS 및 LOM(Laminated object manufacturing) 등이 있다.

SLA는 경화성 수지에 레이저 광선을 주사하여 레이저 광선이 닿는 부분이 액체상태에서 고체상태로 경화되는 원리를 이용한 것이고, FDM은 열가소성(Thermoplastic)의 고분자 재료나 왁스

필라멘트선(직경 0.44 inch)을 노즐을 통과하는 동안 용융시켜 얇게 필름형태로 분사, 경화시키면서 적층시키는 방법이다. 그리고 SLS는 균일한 크기의 고체분말을 한층씩 편평하게 도포한 후 레이저 광을 조사하여 소결시키고, 그 다음층을 적층시키면서 3D 형상재를 분말 속에서 만드는 공정으로 분말이 형상재의 받침대 역할을 한다. 또한 LOM은 종이를 사용하여 적층하는 방법으로 종이에 레이저를 조사하여 자른 후 뒷면에 붙어 있는 고분자 박막을 고열로 아래 위로 압착시켜 한 층씩 적층시켜 원하는 형상을 만든다.

이와 같이 각각의 기법들은 서로 다른 특성을 가지므로 시작품의 요구성능에 따라 RP기법을 선정하여 사용하고 있는 추세이다. 본 연구에서는 경화성 수지에 레이저 광선을 주사하여 레이저 광선이 닿는 부분이 액체상태에서 고체상태로 경화되는 원리를 이용한 SLA를 사용하였다.

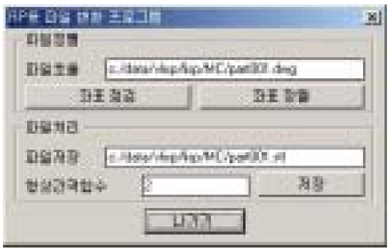


Fig. 13 Dialog box of conversion program for RP file using VisualLISP

본 연구에서는 우선 CAD상에서 생성된 파일을 RP 가공용 파일인 STL 파일로 변화시키기 위해서 프로그램을 개발하였으며 Fig. 13에 그 대화상자를 나타내었다. AutoCAD 상에서 생성되는 3D 요소의 경우 생성 좌표에 음의 좌표가 포함되어져 있거나 분리된 복합체의 경우는 STL 파일로 변화되지 않는다. 그래서 호출된 3D 요소의 좌표를 정렬해서 음의 좌표를 제거해 주어야 한다. 그리고 형상간격함수에 따라 STL 파일의 형상 정밀도를 Fig. 14에 나타내었다. 외경 20mm, 내경 10mm, 그리고 길이가 20mm인 중공축을 사용하였다. 또한 형상간격함수에 따른 선분의 수와 선분의 길이를 Table 1에 나타내었다.

(a) Facetres = 0.1 (b) Facetres = 0.5

(c) Facetres = 2 (d) Facetres = 6

Fig. 14 Shape of STL file for facetres value

Table 1 Segment length and polygon for facetres value

Facetres value	0.1	0.5	2	6
Segment length	1.960	0.981	0.491	0.245
Polygon	32	64	128	256

Fig. 14는 형상간격함수가 0.1일 때 직경 20mm의 진원과 STL 파일의 형상을 비교한 것으로 0.1mm의 오차를 나타내고 있다. 그렇기 때문에 RP 시스템에 적용할 수 있는 STL 파일의 경우는 형상간격함수 값이 형상 정밀도에 영향을 미친다. 선행연구에 의하면 형상간격함수 값이 2일 때 최적의 성형조건을 나타냈기 때문에 본 연구에서 개발한 RP용 파일 변환프로그램에서 형상간격함수 값의 기본설정으로 2를 적용하였다. 그리고 이를 활용하여 RP 시스템을 사용한 극소형 기계부품을 가공하였다. Fig. 15는 기어펌프 하우징의 외형을 나타낸 것으로 하우징길이는 6.8mm이다.

Fig. 16은 STL 파일로 변환시켜 형상간격함수 값을 조절하여 RP로 시작품을 제작한 형상을 나타내고 있다.

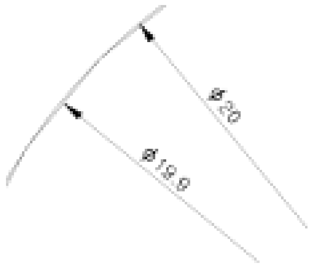


Fig. 15 Real circle and shape of STL at facetres value 0.1

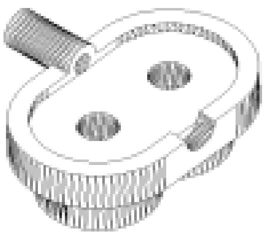


Fig. 16 Shape of gear pump housing

Fig. 17에서 보는 것과 같이 형상간격함수 값에 따라 RP 시작품의 형상에 미치는 영향이 있음을 알 수 있으며 최적 조건인 형상간격함수 값이 2일 때 CAD상에서 구현한 모양과 거의 일치한 모양이 나타남을 알 수 있다. 그리고 최적 조건에서 생성된 RP 시작품 역시 후처리 공정이 필요하다고 판단된다. Fig. 16의 (a)와 (c)에서 보이는 결과는 RP가 시작품을 만들때 외곽형상을 만든 후 내부를 충진하는 과정에서 액체상태로 이탈해 발생하는 것으로 판단된다.

(a) 0.1 (b) 2 (c) 5

Fig. 17 Shapes of RP products by the facetres value

4. 결 론

사용자의 편의성을 도모하기 위해 자동설계프로그램을 개발하고, 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) KS규격을 적용한 나사-너트 자동설계프로그램을 개발함으로써 모델링 시간 단축 및 사용자의 편의성을 높였다.
2) LSM과 LSC를 활용한 자동계산 프로그램을 개발함으로써 측정데이터의 신뢰성 및 활용성을 향상시켰다.
3) RP용 파일자동변환 프로그램을 개발함으로써 CAD데이터의 RP장비 적용 편의성을 확보하였고, 미세기어 펌프 하우징 제작을 통해 최적성형조건을 확인하였다.

참고문헌

(1) Kim, Y. N., Lee, S. S., 2000, "Development of Automatic Design Program for Measuring Master Gear using VisualLISP", Proc. KSMTE, pp.169 ~ 174.

(2) Cho, K. Z., Kim, J. S., 2000, "A Study on the Development of the Gear Design Program by using AutoLISP", proc. KSMTE, pp. 422 ~ 427.

(3) Tavakoli, M. S. and Houser, D. R., 1986, "Optimum Profile Modifications for the Minimizat -ion of Static Transmission Errors of Spur Gears, Journal of Mechanism in Design, MARCH, Vol. 108, pp. 86 ~ 95.

(4) Jeong, Y. J., Kim, I. S., 2002, "Development of an Automatic Pump Design System Using AutoCAD", Journal of KSMTE, Vol. 11, No. 1, pp. 91 ~ 96.

(5) Park, J. O., Park, S. G., 2001, "Development of an Automated Process Planning System for Manufactur -ing Wheel Bolt", proc. KSPE, pp. 983-987.

(6) Choi, J. C., Kim, C.,“2000, "An Integrated Design and CAPP System for Cold or Hot Forging", Products Int. J Adv. Manufacturing Technology, Vol. 16, pp. 720-727.

(7) K. Sevenler, P. S. Raghupathi and T. Altan, 1985, "Forming-Sequence Design for Multistage Cold Forging", J. Mech. Work. Technology, Vol. 14, No. 2, pp. 121-136.