

광조형 시스템 개발

LG전자 생산기술센터
양 남 열*, 김 준 안

Rapid Prototyping System Development

LG Electronics Inc. Manufacturing Technology Center
Yang Nam Yeol*, Kim Jun An

3차원 CAD System의 보급이 확대되고, 또한 설계단계에 3D CAD의 적용이 진행되어 가면서 CAD System에 의한 3차원 입체모형 제작기술에 많은 관심이 주목되고 있다. 특히 최근에는 상품개발 Cycle의 단축화와 Concurrent Engineering 실현의 중요한 도구로써 다양한 기능을 제공하고 있다. 그 방법중의 하나가 특정한 파장에서 반응하는 광경화성 수지에 자외선의 Laser 광을 조사하여 원하는 입체형상을 제작하는 기술이다. 본 논문에서는 광조형물의 제작원리와 시스템 개발에 대하여 논하고자 한다.

1. 서론

Computer 기술의 발전에 따라 CAD(Computer Aided Design)는 도면을 그리는 단계에서 벗어나 설계시 없어서는 안될 주요한 도구로 되었으며, 그 이유는 다음과 같다.

- 1) 디자인의 데이터 베이스화에 의해 변경, 추가, 수정이 간단하게 되었다.
- 2) Computer의 처리속도가 매우 빠르게 되어 Solid 및 Surface 형상의 처리가 빠르게 되었다.

Computer에 의한 3차원 형상의 표현이 원활해짐에 따라 CAD Data를 이용하여 실제로 모델을 제작하는 CAM(Computer Aided Manufacturing)을 다시금 주목하게 되었는데 기존의 방법과는 달리 아무리 복잡한 형상이라도 쉽게 제작할 수 있는 방법에 대하여 연구하게 되었다. 이 방법으로써 3차원 입체모델형상을 한층씩 적층시키면서 원하는 형상을 만드는 새로운 방법에 대하여 활발히 연구가 진행되고 있으며, 그 방법 중의 한 가지를 본 논문에서 제시하고자 한다. 즉 그 방법은 3차원 CAD Data를 이용하여 특정한 파장에서 반응하는 광경화성 수지에 선택적으로 원하는 부분만 Laser 광을 조사하여 3차원 입체형상을 제작, 확인, 평가할 수 있는 방법이다.

이 방법의 특징은 다음과 같다.

- 1) 절삭공구가 필요하지 않으므로 아무리 복잡한 내부구조를 가지는 형상도 하나의 프로세스에 의해 가공이 가능하다.
- 2) 비접촉 가공이므로 공구관리가 없으며, 공구의 교환, 마모 등을 고려할 필요가 없다.
- 3) 진동, 소음이 없다.

- 4) 주어진 명령에 의하여 인속작업 및 야간 무인운전이 가능하다.
- 5) 시작품 개발기간이 단축이 가능하다.

본 시스템의 개발목적은 3차원 CAD Data를 이용하여 즉시 실제형상의 제작을 통하여 외관을 확인하고 조립성을 확인할 수 있는 시스템의 개발이 절실히 요구되기 때문에 이러한 욕구를 충족시키기 위하여 본 시스템을 개발하게 되었다.

2. 시스템구성과 3차원형상의 조형원리 및 방법

본 시스템의 구성은 그림1과 같이 구성되었으며 동작원리와 조형원리는 다음과 같다.

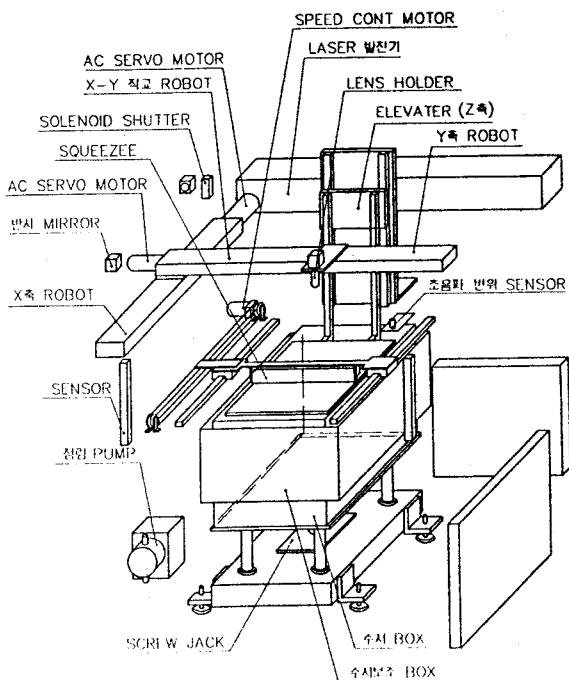


그림1. 시스템 구성도

3D CAD 상에서 가공하고자 하는 입체형상을 모델링하고 이 모델링되어진 형상의 각층에 대한 Slice File을 생성한다. 이렇게 만들어진 각 층의 데이터를 이용하여 적층하고자 하는 첫번째 층 두께만큼 수지면과 plate를 위치시킨 후 첫번째 층을 가공한 후 plate를 하강시켜 수지가 충분히 덮힌 후 다시 다음에 적층하고자 하는 위치에 plate를 위치시킨 후 두번째 층을 첫번째 적층되어진 층 위에 적층시킨다. 이와같은 동작을 계속 반복하여 입체형상물을 생성한 후 적절한 후가공을 친다음 원하는 완전한 형상물을 얻을 수 있다.

이와같은 동작원리와 순서를 그림2에 나타내었다.

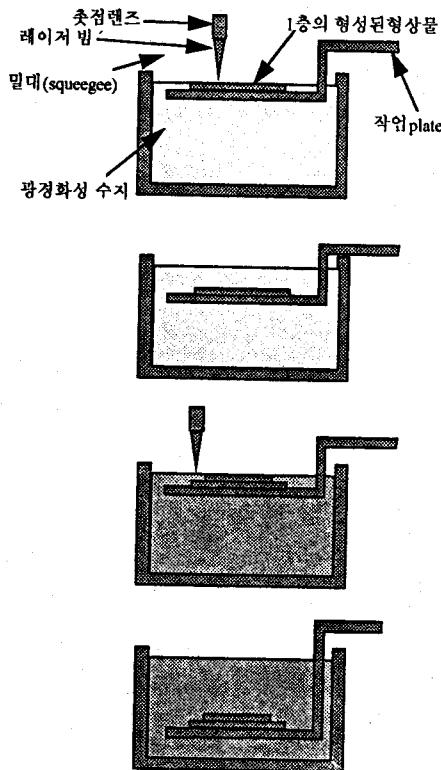


그림2. 형상의 조형원리와 조형순서

이와같은 방법으로 형상을 제작함에 있어서 특정한 파장을 가지는 레이저 광을 광경화성 수지에 조사할 때 레이저 빔 중심부의 광강도 I_0 , 경화깊이 z , 레이저 빔의 쪽집반경 μ^2

및 여러가지 변수들이 서로 상관관계를 가지고 있다.

레이저 광이 Single Mode(TEM₀₀)인 경우 수지표면에서의 광강도 분포 $i_0(x, y, t)$ 는 다음과 같다.

$$i_0(x, y, t) = I_0 \exp[-(1/\mu^2)(x - Vt)^2 + y^2] \quad (1)$$

식 (1)에서 경화깊이 z 를 고려하면 광강도분포 $i(x, y, z, t)$ 는

$$i(x, y, z, t) = i_0(x, y, t) \exp(-z/\sigma) \quad (2)$$

식으로 되며, 이 식을 이용하여 임의의 점 $P(x, y, z)$ 에 레이저 광이 통과하는 총 노광량을 구하면

$$\begin{aligned} E(x, y, z) &= \int i(x, y, z, t) dt \\ &= I_0 \exp(-z/\sigma) \exp(-y^2/\mu^2) (-1/\mu^2) \int (x - Vt)^2 dt \\ &= I_0 \pi^{1/2} (\mu/V) \exp(z/\sigma) \exp(-y^2/\mu^2) \end{aligned} \quad (3)$$

이 된다. 이점에서의 경화깊이는 다음과 같다.

$$Z_T = \sigma \log \left[\pi^{1/2} I_0 \mu / (V E_T) - (y^2/\mu^2) \right] \quad (4)$$

수지면에서의 경화폭 W 는 식 (3)에서 $E = E_T$, $z = 0$ 이므로

$$W = 2\mu \left[\log \pi^{1/2} I_0 / (E_T V) \right]^{1/2} \quad (5)$$

이 된다. 이러한 관계식에 의해 제작하고자 하는 형상의 정도가 결정되며, 최적의 충두께, 경화폭 및 노광량을 결정하여야 한다.

또한 레이저 빔과 경화되는 수지의 경화폭과 경화깊이의 모양은 그림3과 같고 실제 실험한 형상의 단면에 대한 모양을 사진1에 나타내었다.

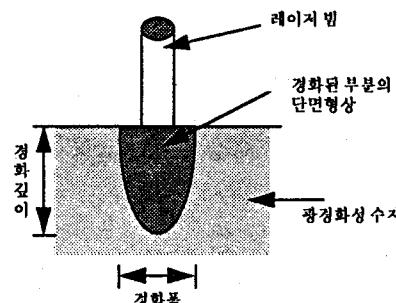


그림3. 레이저빔과 경화되는 수지의 경화폭과 경화깊이와의 관계를 나타낸 그림

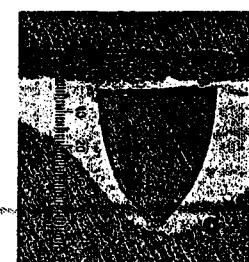


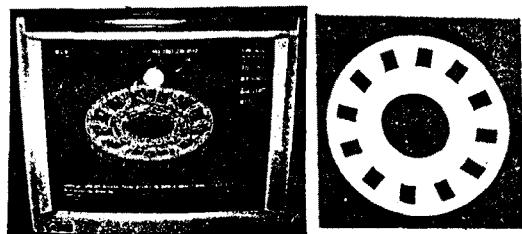
사진1. 가공 속도 160(mm/sec)에서 수지의 경화된 단면형상을 나타낸 사진

입체형상을 가공하는 속도에 따른 경화폭과 경화깊이의 실험 결과를 표1에 나타내었다.

표를 보면 알 수 있듯이 가공속도가 빠르면 빠를수록 수지의 경화폭은 좁아지고 경화깊이는 짧게 된다는 것을 증명할 수 있다. 따라서 입체형상을 제작할 때는 가공속도와 수지의 경화폭과 경화깊이와의 관계를 고려하여 내부 path 간격, Z축 slice 두께, offset 간격등의 조건을 주어야 한다.

	80(mm/sec)	160(mm/sec)	240(mm/sec)	320(mm/sec)
경화깊이	0.57 (mm)	0.35(mm)	0.32(mm)	0.24(mm)
경화폭	0.4 (mm)	0.39(mm)	0.31(mm)	0.28(mm)

표1. 가공속도에 따른 경화깊이와 경화폭과의
관계를 나타낸 표



3. Software 및 제어부 구성

모델링된 CAD 데이터를 읽어서 STL(Stereo Lithography) 파일로 변환시키고 이것을 다시 얇은 두께를 가지는 Slice 파일로 변환시키며 이 Slice 파일을 이용하여 레이저 이동경로(주사경로)를 생성한다. 이러한 기능을 가지는 소프트웨어를 개발하였고, 정도에 영향을 미치는 Slice 두께 및 주사경로를 제어하는 제어부도 개발하였다. 소프트웨어, 제어부 및 기구 시스템과의 관계를 그림4에 나타내었다.

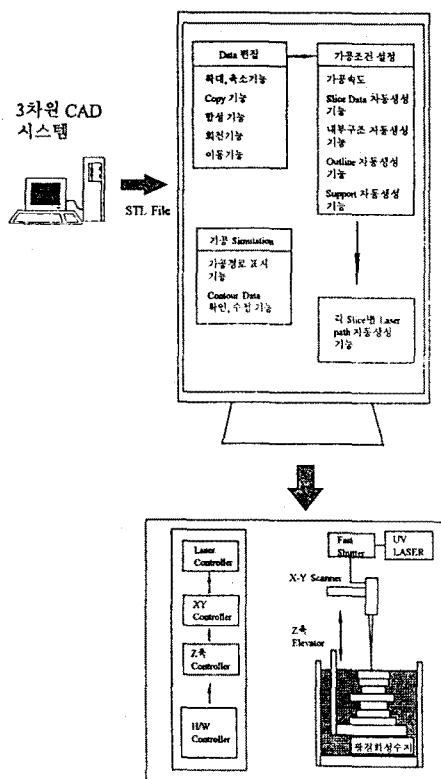


그림4. Software, 제어부 및 기구 시스템과의
관계를 나타낸 블럭도

그림5에 3차원 CAD 시스템에서 모델링한 형상을 자체개발 한 소프트웨어로 가공데이터를 만든 시뮬레이션 형상과 이를 실제로 Rapid Prototyping 장치로 제작한 실물의 사진을 나타내었다.

그림5. 모델링 형상과 실제로 제작한 형상

4. 결론 및 향후 계획

제품개발기간의 단축을 통하여 경쟁력을 향상시키기 위한 주요한 도구로써 본 시스템을 개발하였으며, 계속 Version-up 중에 있으며 많은 모델에 적용중이다. 기존에는 Mock-Up 제품 및 시작품의 개발에 많은 시간과 비용이 투입되었고, 제품개발기간이 길어 제품경쟁력 강화에 결정적으로 나쁜 영향을 미치게 되었다. 그래서 본 시스템의 개발로 인하여 앞에서 언급한 문제점을 해결할 수가 있었고, Concurrent Engineering을 추진함에 있어서 현재 최고의 도구로써 각광 받고 있으며 많은 나라에서 개발을 서두르고 있다.

그리고 앞으로 많은 관심을 가지고 있는 CAD/CAM 일관화 분야에도 본 시스템을 적용하여 CAD 모델링에 의한 제품의 품질을 향상시키고자 한다.

그리고 계속적인 연구와 Version-up을 통하여 현재 Rapid Prototyping System의 최대단점인 가격과 정도를 해결할 계획이다.

참고문헌

1. "Rapid Prototyping & Manufacturing" Fundamental of StereoLithography, Paul F. Jacobs, Ph.D.
2. 齊藤勝政, 精密工學會誌, p.p 1072 ~ 1074, 1993
3. 光造形法, 丸谷洋二 外4人, 日刊工業新聞社 發行 1990