

사각방지용 자동차 측면거울의 개발에 관한 연구

홍민성*, 신근하*, 손승요*

A study on the sculptured surface mold by using CAM system

Minsung Hong*, Keunha Shin*, Seungyo Son*

Abstract

In this paper, based on geometric optics and geometric modeling, aspheric surfaces of the side mirror mold with dead angle reduced have been designed and machined in a CNC machining center. Surface roughness of the mold was evaluated by using the surface shaping system. Surface generating simulation of a ball endmill process is investigated. Through the simulation, based on the surface-shaping system, 3-D engineered surfaces and properties of engineered surfaces are obtained. Computer simulation provides the effective working conditions through the prediction of geometric properties of engineered surfaces.

The rear view mirror and room mirror play important role on the safe driving condition as a observation of environment, but the rear view mirror can not provide complete information of driving environments due to the existence of the dead angle. The analysis on the shape of formed mirror shows that the proposed method improves range of a driver's sight.

Key Words : Aspheric Surface(비구면), Dead Angle(사각), Surface-shaping System(표면가공법), Geometric Optics(기하광학)

1. 서론

단순한 형태의 기계부품에서부터 대량생산을 목표로 하는 자동차, 항공기, 가전제품 등의 제작에서 금형은 중요한 역할을 담당하고 있다. 기능상 또는 외형상의 이유로 자유곡면을 포함하는 부품과 그에 따른 금형이 요구되는데 이러한 금형 제작에는 금형의 형상을 표현하는 효율적

인 모델링 기법이 필요하며 이 모델링 정보로부터 실제 가공에 필요한 공구경로계획, 후처리, 황삭 계획, 정삭 계획, 가공조건, 열수축 고려 등 여러 가지 고려해야 할 요소가 많이 있다. 실제로 현장에서 사용되는 금형제품은 단일 곡면뿐 아니라 단일 곡면에 여러 가지 해석적 형상이 접합된 해석적 복합 곡면으로 이루어진 제품이 대다수이다.

현재 자동차에 사용되고 있는 측면거울은 운전자의 시

* 아주대학교 공과대학 기계 및 산업공학부

야를 가리는 사각(dead angle)을 가지고 있어, 여러 가지 사고 발생의 요인이 된다. 따라서, 운전자들은 사각을 줄이기 위해 측면 거울 근처에 작은 볼록거울을 부착하기도 하나, 이 방법은 추가적으로 재료비와 제작비가 드는 부분이라 할 수 있다. 또 센서 부착 식으로 차량 주변의 상황을 판단하고 사각을 없애는 장치도 있지만 이 또한 아직은 경제적인 부담감이 크다.

지금까지는 비구면 렌즈를 제작하기 위하여 유리를 단결정 다이아몬드 바이트로 가공하거나 실리콘이나 게르마늄등을 가공하는 연구들이 수행되었고 또, 래핑공구를 이용하여 표면을 연마하는 데 관한 연구등이 수행되었다.⁽¹⁾

본 연구에서는 기하학적 광학이론(geometrical optics)을 기초로 Pro/Engineer를 이용하여 자동차용 측면거울을 두 가지 형태로 모델링 하였고, NC code를 생성하여 측면 거울용 금형을 머시닝센터로 가공하였고, 실제 가공전에 가공표면을 예측하기 위하여 표면가공법(surface-shaping system)을 이용하였다. 위의 과정들로부터, 측면거울의 사각을 예측하여 줄였으며, 거울에 비치는 상이 일그러지지 않는 거울이 제작될 수 있도록 하였을 뿐만 아니라, 개발 기간을 단축하였다.

두 가지의 곡률을 지닌 비구면 거울을 제작하는 경우에는 제작하기가 어렵기 때문에 적어도 한 개의 면은 구(球)를 이루도록 하였다.⁽²⁾

2. 이론적 배경

되돌아오는 광로에 관한 굴절률(n)은 (-)가 되고 거울 앞에서는 매질이 같게된다.

$$n_2 = -n_1 \tag{1}$$

면굴절력 방정식에 식(1)을 대입하면

$$P = \frac{n_2 - n_1}{R} = \frac{-2n}{R} \tag{2}$$

여기서, P는 거울의 반사굴절력이고 R은 곡률 반경, n은 전면 재질의 굴절률이다.

식(2)를 가우스(Gauss)의 렌즈방정식에 대입하면 다음과 같은 구면경 방정식을 얻을 수 있다.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{i} - \frac{1}{o} = \frac{-2}{R} \tag{3}$$

여기서,

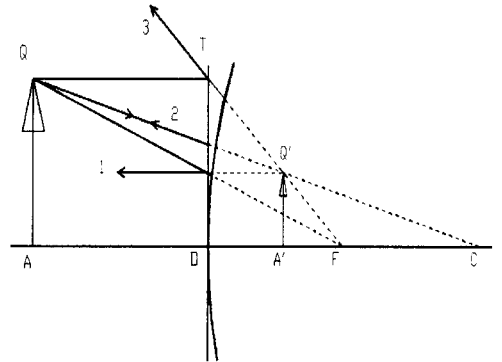


Fig. 1 Formed image in the convex mirror

o : 거울에서 물체까지의 거리

i : 거울에서 상까지의 거리

평거울과 오목거울에 관해서도 같은 방법으로 적용되며 어떤 물체와 상의 거리에 대한 관계를 나타낸다.

거울은 렌즈와 비슷한 점이 많으므로 곡률반경을 얻기 위하여 렌즈에서 사용하는 굴절행렬식에 식 (2)를 대입하면 다음과 같다.

$$M = \begin{bmatrix} 1 & P \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -2n/R \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{4}$$

$$M \cdot V = V'$$

$$V = \begin{bmatrix} n/o \\ 1 \end{bmatrix}, V' = \begin{bmatrix} n/i \\ 1 \end{bmatrix} \tag{5}$$

식(5)는 임의의 위치에서 물체와 상의 반사관계를 이용하여 곡률반경을 구하는데 쓰인다.⁽³⁾

물체가 O점에 놓여있고 곡률 반경이 R인 거울에 의하여 맺히는 상을 생각하면, 거울에 의하여 맺히는 상을 찾기 위한 손쉬운 방법으로 Fig. 1과 같은 기하학적 도식방법을 사용한다.

초점을 통과하여 입사된 광선은 거울에 반사된 후 축과 평행하게 반사되고 곡률중심을 통과하는 경우는 반사방향의 변화가 없으며 축과 평행하게 들어오는 광선은 초점에서 생겨나온 것처럼 거울면에서 반사된다. 이 세가지 경우 중 두 개의 광로가 교차하는 점에 상이 놓이게 된다.⁽⁴⁾

측면거울의 모델링은 스윕곡면(sweep surface)과 블랜드 곡면(blend surface)을 사용하여 수행되었다. 스윕곡면이란 2차원 단면곡선이 어떤 규칙을 가지고 경계곡선을 따라 이

동할 때 생기는 궤적으로 정의되는 곡면을 말한다. 두 개 이상의 곡면들이 교차하는 부분의 모서리에서는 인접한 지역을 매끄럽게 형성시켜주는 블랜드 곡면이 필요한데 이것은 심미적인 관점이나 응력집중을 줄이기 위해서 혹은 제조상의 편의성 등 여러 이유로 인해 널리 사용된다.⁽⁵⁾

3. 형상설계 및 모델링

일반적인 자유곡면도 부분적으로는 평면, 단면이 일정한 2차원적 곡면, 구면과 같은 기본적인 곡면으로 이루어졌다고 볼 수 있다.

평행광선법과 반사의 원리를 이용하여 사각을 감소시킬 수 있는데, Fig. 2와 같이 새로운 곡률중심 O2는 기본 곡률중심 O1과 관측위치 O사이에 있을 때 θ 와 θ' 의 차이만큼 사각이 감소된다.

먼저 비구면 경을 설계할 때 다음 식을 통하여 기본이 되는 종단면(Fig. 3)의 z축 방향 좌표를 구한다.

$$z = R_c - \sqrt{R^2 - x^2} + k(x - a)^3 \quad (6)$$

여기서 R_c 는 기본 곡률반경, k 는 상수로 $2.2 \cdot 10^{-5}$, a

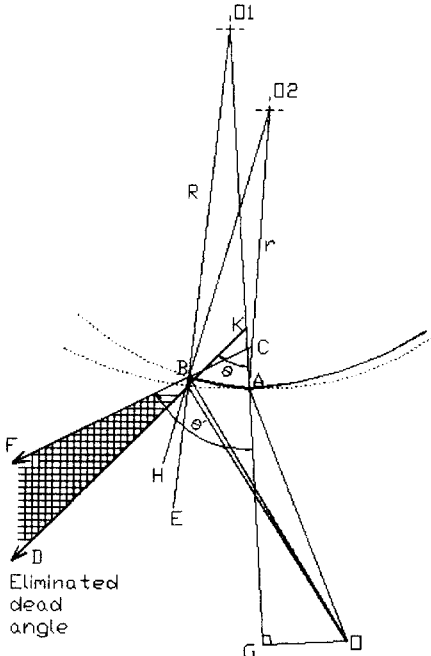


Fig. 2 Estimate of eliminated dead angle

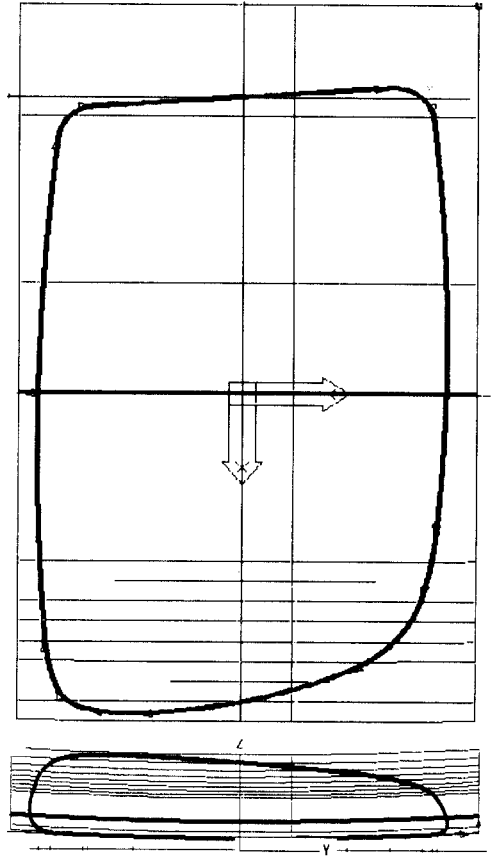


Fig. 3 Trajectory of the mirror model

는 곡률이 변하는 지점까지의 x 거리를 말한다.

전체 변곡구간을 세부 구간으로 n 등분하여 곡률의 변화량이 적도록 하는데 이것은 상의 일그러짐을 막기 위함이다. 식(6)을 통해 얻은 단면상의 좌표와 곡률의 중심을 연결하여 얻어진 곡률반경을 일정한 간격으로 나누어 곡면의 궤적을 그리고, 연결점에서는 구간이 구(球)를 이룰 수 있도록 한다.

Fig. 3은 직접 설계된 모델의 궤적을 나타내며 굵은 실선은 거울의 외형, 가는 실선은 구간별 단위이고 각 구간에서의 곡률반경이 변하게 된다.

사각을 감소시키기 위하여 다음과 같은 두 종류의 형태로 모델링하였다.

1) 곡면 - 곡면 형태

자동차의 우측에 부착되는 형태로 기본 곡률은 R2000이고 7mm 간격으로 11구간에 걸쳐 R500 까지

곡률을 감소시켰다. 그리고 단면에서의 무게 중심점이 금형의 중심과 일치하도록 하여 유리 성형 시에 자중(自重)과 흡인력(suction)이 균일하게 전달될 수 있도록 하였다.

2) 평면 - 곡면 형태

자동차의 좌측에 부착되며 기본곡률은 무한대(평면)이고 처음 곡률 R20,000에서부터 R5000까지는 3mm 간격으로 5구간 동안 곡률을 변화시키고 나머지 R500까지는 7mm 간격으로 균등 분할하였다.

4. 표면가공법을 이용한 표면거칠기 예측

표면가공법(surface-shaping system)은 절삭공구와 공작물의 형상을 모델링하고 공작 기계의 기구학과 접촉시켜서, 가공된 표면의 형상을 예측할 수 있다. 따라서, 공구와 공작물 사이의 표면 형상을 얻고, 이를 표현 분석하는데 사용하였다.⁶⁾ 표면가공법의 흐름도는 Fig. 4에 나타나 있다.

Table 1에 제시된 가공조건으로 컴퓨터 시뮬레이션을 한 결과는 Fig. 5에 나와있으며 예측된 표면 거칠기(Sq)는 1.96183 μ m로 별도의 연마공정을 생략하였다.

Table 1 Cutting condition

| | |
|--------------------|------|
| Number of Flutes | 2 |
| Depth of Cut(mm) | 3.0 |
| Cross Feed(mm) | 1.0 |
| Feedrate(mm/min) | 250 |
| Spindle Speed(rpm) | 2000 |

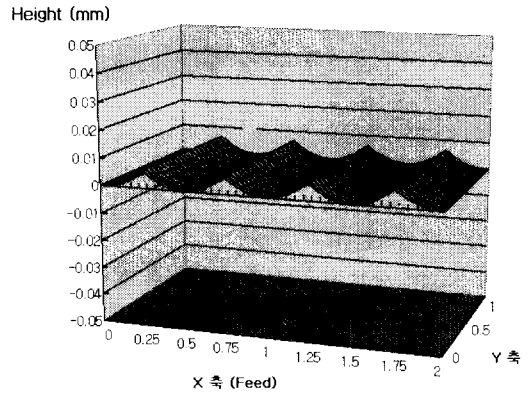


Fig. 5 Simulated surface

5. 실험결과

모델링한 곡면을 NC공작기계로 가공하려면 계획된 가공경로를 따라 CC(cutter-contact) 데이터 혹은 CL(cutter-location) 데이터가 요구된다. 앞에서 수행한 설계를 Pro/ENGINEER에서 모델링 하였다. 그 구조는 모델링한 파트를 이용하여 우선 가공공정에 대하여 변수를 설정해 준다. 생성된 경로를 Pro/NC check을 이용하여 시뮬레이션하고 공구의 간섭이나 재료의 파손, 절삭공정의 적합성 등을 판단하여 공구경로를 결정하게 된다.

이렇게 결정된 모든 공구경로는 Pro/NCPOST를 통하여 실제로 CNC 공작기계가 인식할 수 있는 CL-data 및 G-code로 생성되어 작업을 완료한다.(Fig. 6)

본 연구에서 가공에 쓰인 CNC 공작기계는 대우 ACE V-45 3축 머시닝센터이고, 사용한 공구는 ϕ 16mm 블렌드밀이며, 금형재료는 360*280*80 크기의 규조토(Isolite ceramic mold)를 사용하였다.

측면 거울은 몰드를 건조시키고 가열로에서 750 \pm 50 $^{\circ}$ C의 온도를 가하면서 일정한 압력으로 2~3초간 흡입하여 유리를 성형하였다.

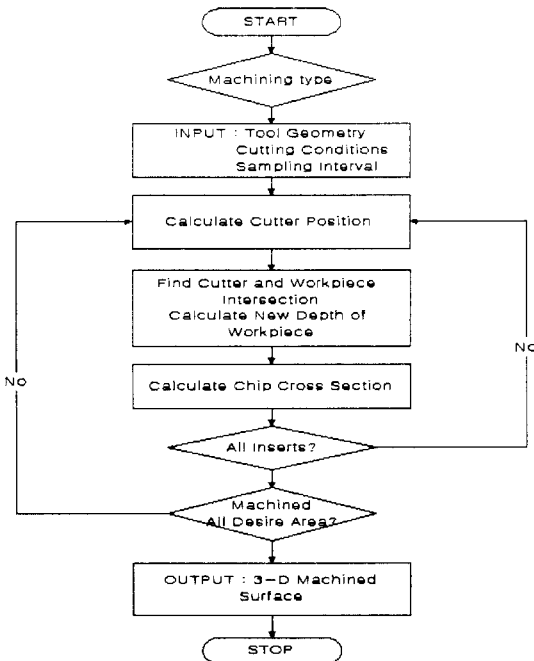


Fig. 4 Flow Chart

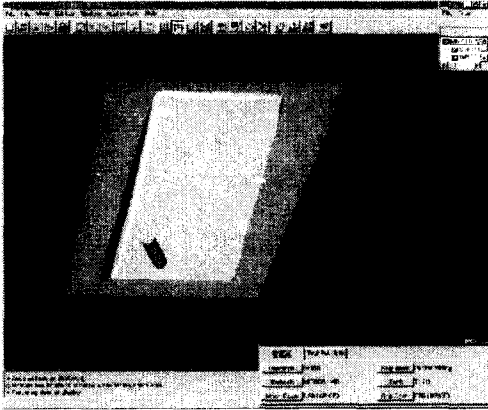
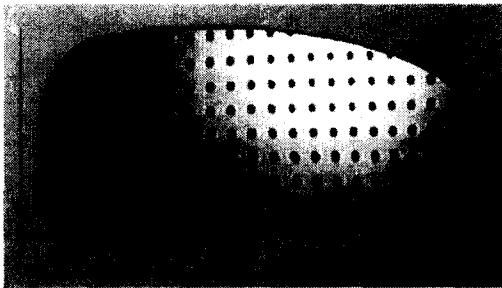
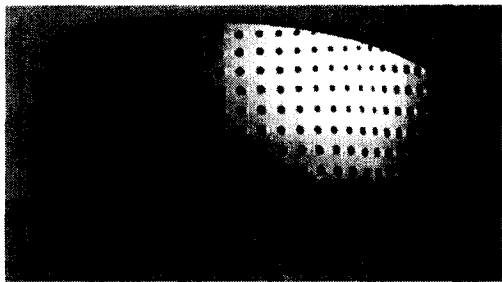


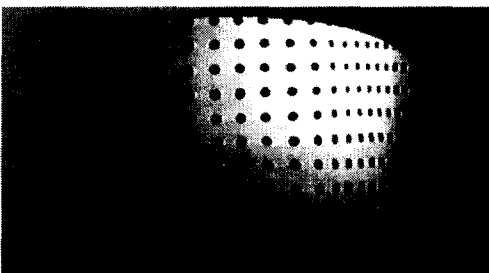
Fig. 6 NC-check simulation with Pro/ENGINEER



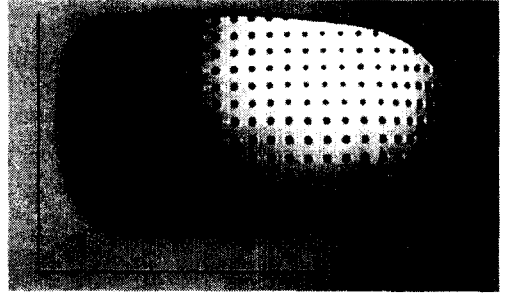
(a) Single radius spheric mirror



(b) R2000 - R500 aspheric mirror



(c) Plane - R500 aspheric mirror



(d) R1400 - R500 aspheric mirror

Fig. 7 Measured shape of formed mirrors

성형된 거울을 평면에 놓고 위로 500mm의 거리에서 15mm의 간격을 가진 격자(grid)를 비추어서, 구면경과 새로 개발된 비구면경의 관측범위를 비교 측정하였다. 결과를 Fig. 7에 나타냈다.

Fig. 7(a)는 곡률반경 1400인 단일 구면경이고 Fig. 7(b)는 곡률반경 2000에서 500까지 변하는 비구면경으로 Fig. 7(a)에 비해 거울중심에서 오른쪽으로 갈수록 반사되어 비치는 점들의 수가 더 많아지는 것을 볼 수 있다.

Fig. 7(c)는 평면에서 곡률반경 500까지 변하는 비구면경으로 평면부분에서 비쳐지는 점들이 그대로 투영되어 자동차의 좌측에 부착되며 우측부분으로 갈수록 비치는 점들이 많아진다.

Fig. 7(d)는 곡률반경 1400에서 500까지 변하는 비구면경으로써 Fig. 7(c)에 비하여 상하좌우 모든 방향에서 반사되어 비치는 점의 분포가 조밀함을 볼 수 있다. 종합적으로 Fig. 7(a)보다 Fig. 7의 (b), (c), (d)에서 넓은 부분이 관측되어 사각이 많이 감소되었음을 알 수 있다.

6. 결론

자동차 측면거울의 사각을 감소시켜 운전자가 넓은 시야를 확보할 수 있게 하기 위하여 새로운 형태의 거울을 모델링하고 금형을 제작하여 유리를 성형한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 새롭게 제작된 측면 거울이 기존의 거울에 비하여 넓은 부분의 주변 관측이 가능하여 사각이 감소되었음을 볼 수 있었다.
- (2) 곡면-곡면, 평면-곡면의 형상을 지닌 두 종류의 거울을 제작함으로써 운전자의 위치 특성에 맞게 장

착될 수 있다.

- (3) 가공표면을 시뮬레이션하여 판단한 결과, 별도의 연마 공정을 수행하지 않고도 유리를 성형할 수 있었다.

참 고 문 헌

- (1) V.C. Venkatesh, Zhaowel Zhong, "Manufacture of spherical and aspheric surfaces on plastics, glass, and ceramics", Transaction of NAMRI/SME, Vol. XXIII, pp. 169 - 174, 1995.
- (2) Bohumil Jurek, Optical surface, Elsevier Scientific Publishing Company, 1997.
- (3) 김 관 철 幾何光學, 新光出版社, 1987.
- (4) D. P. Acharya, Geometrical optics for advanced students, 2nd edition, Oxford & IBH Publishing Co., 1980.
- (5) B. K. Choi, Surface Modelling for CAD/CAM, Elsevier Science Publishers B.V., 1991.
- (6) M. S. Hong and K. F. Ehmann, "Generation of Engineered Surfaces by the Surface-Shaping System", Int. J. Machine Tools & Manufacture, Vol. 35, No. 9, pp. 1269-1290, 1995.