

곡면가공 NC 데이터 생성을 위한 전문가 시스템

신승철* 정선환**

* 성광 엔지니어링

** 금오공과대학교 생산기계공학과

Abstract

Recently the needs for the experts who can solve the complex problem arising at the special areas are continuously increasing in our social life. So many researchers have studied about the expert systems as a part of an artificial intelligence during last two decades.

This study was carried out in order to develop an expert system, ESSM, for the NC data generation to machine the curved surface of a forming die to fabricate the shadow mask of TV Brown Tube.

1. 서론

영상기기의 개발 및 생산성 향상을 위해서, 영상기기를 제작하는 산업체에서는 전자부품의 개발은 물론, 양산에 필요한 치공구를 비롯한 여러가지 부품들을 기계적으로 가공해야 한다. 그런데 전자산업관련 기계요소 및 부품들은 매우 높은 수준의 정밀가공을 요구하고 있으며, 이러한 추세가 영상기기의 고급화를 가속화 시키면서 더욱 빨리 진행되고 있다.

본 연구에서는 TV 및 모니터 브라운관에서 화상도 조절역할을 하는 Shadow Mask의 설계 및 가공, 그리고 검정에 관하여 연구하고자 한다. 먼저 Shadow Mask는 얇은 금속판으로만들어 지는데, 크게 두가지의 가공방법이 있다. 즉, 냉간가공법과 열간가공방법이 있다. 그런데 일정한 온도를 유지하면서 프레싱하는 방법이 열간가공 방법이 제품의 품질을 높이는데 우수하므로, 화면의 선명도의 향상을 위해 현재 HDTV용 브라운관 제작에는 이 방법을 사용한다.

어떠한 방법이든 Shadow Mask를 양산하기 위해서는 금형을 제작하여 사용해야 한다. 그런데 현재 Shadow Mask용 금형을 제작하는데 있어서는 다음과 같은 문제점이 있기 때문에 현장에서는 많은 어려움을 겪고 있다.

- 첫째, Shadow Mask의 곡면은 고차다항식으로 구성되어 있다.
- 둘째, 열변형에 대한 정확한 스프링백 데이터의 측정이 불가능하다.
- 셋째, 가공후에 변형이 쉽게 일어난다.

이와 문제점들은 개발기간을 장기화시키고 양산에 필요한 장비의 가격을 상승시키는 원인이 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 먼저 설계에 대한 표준화를 제시하고, 그리고 다항식에 대한 전용가공 곡면의 생성과 가공후 3차원 측정기로 곡면의 오차를 검정을 하여, 새로운 다항식 상수를 제시하는 방식을 채택, Data Base로 보관하는 방식을 개발하고자 한다.

ESSM(Expert System for Shadow Mask)라고 불리는 이 시스템은, 실제적으로 가공상태에서 야기되는 변형과 금형에서 생기는 유효공차 및 열변형에서 생기는 변형 등의 경험치를 지식 베이스(Knowledge Base)로 구축한 다음, 금형 제작에 알맞는 NC 데이터를 생성할 수 있도록 하였으며, 3차원측정기를 통해 가공된 곡면의 정도를 측정하여 다음과 금형제작에 적용될 수 있게하였다.

따라서 실제 금형을 제작하지 않고도 스프링백(Spring Back)에 대한 값을 추정할 수 있어 Shadow Mask 제작용 금형 제작기간을 크게 단축할것으로 기대된다.

2. ESSM의 원리

2-1. ESSM의 구성

ESSM의 구성은 Fig.1.과 같다.

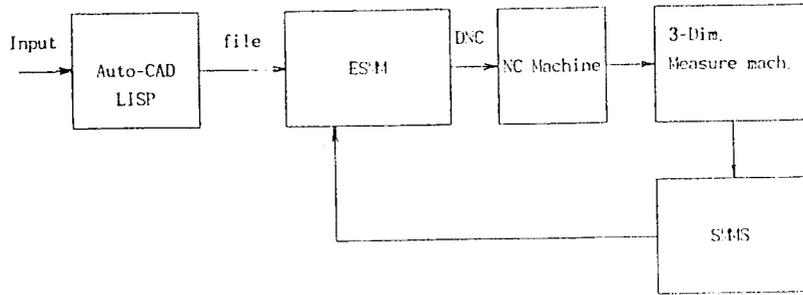


Fig.1. Block diagram of ESSM

그림에서와 같이 CAD 정보가 ESMM(Expert System for Milling Machine)에 입력되면 자동적으로 NC 데이터가 생성된다. 다음에 가공된 Shadow Mask 금형의 곡면을 3차원 측정기로 측정해서 오차 데이터를 SMS(Shadow Mask Modification System)에 입력받아, 오차보상이 된 NC 데이터를 자동적으로 생성한다. 그리고 이와 같은 작업이 칼라 코드로 표시되는 허용오차 범위내로 들어 올때 까지 반복을 한다.

이와 같은 시스템을 사용하지 않는 현장에서 Shadow Mask 금형을 가공하고자 할 때에는 NC 밀링이나 머시닝 센터에서 가공한다고 하더라도, 정확한 곡면 데이터를 알지 못하기 때문에 어느 정도를 더 가공해야 하는지를 모른다. 또한 오차보상을 위한 소프트웨어가 준비되어 있지 않기 때문에 자동으로 오차보상을 한 NC 데이터를 쉽게 만들 수가 없다. 따라서 손이나, 감각 등의 경험에 의해 시행착오를 거듭하면서 금형을 제작하게 된다. 따라서 금형개발기간이 1년 이상 걸리는 것이 보통이다.

그러나 ESSM을 사용하게 되면 금형개발기간을 대폭 단축하여, 3개월 이내에 완료할 수가 있다.

2-2. 금형설계

(1) Shadow Mask 금형의 구조와 도면 출력

Shadow Mask의 금형은 고정도를 유지해야 하므로 금형의 작동에 대한 진동, 응력분포, 열변형과 마모 등을 고려하여 설계하는 것이 바람직하다. 그림으로 금형구조에서 보면 직선운동을 하는 편치, 넥아웃트는 고정밀가공을 요구하는 부분이기 때문에 주의를 기울여야 하고, 나머지 부분은 유압 프레스에 맞추어서 설계하면 된다. 또한 강의 재질은 인성이 강하고, 강도도 큰 재질인 NAK-80이나 아사보 등을 사용한다. 금형재료 측면에서 보면 난삭재 이므로 이점을 충분히 고려하여 설계해야 한다.

Fig.2. 는 Shadow Mask 금형의 구조도이다.

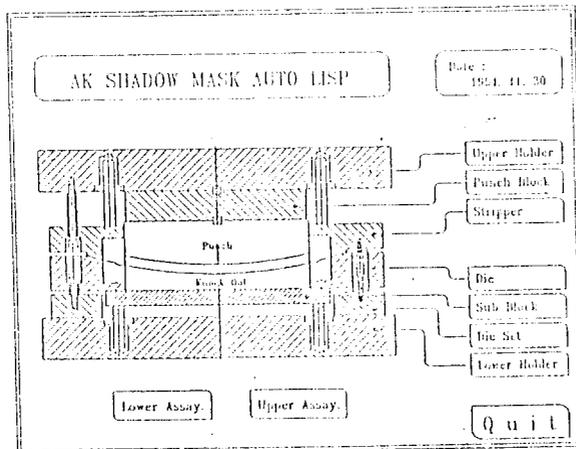


Fig.2. Construction of Shadow Mask die.

Fig.2.와 같이 Shadow Mask 금형의 구조는 몇개의 부품으로 나뉘어지며, 형상은 브라운관의 크기에 따라 크기만 다를 뿐 비슷하다. 그림으로 Auto-CAD를 이용하여 금형설계를 위한 부품들을 먼저 표준화해 놓고, Shadow Mask의 외형치수와 Bead에 대한 치수를 입력하면 각각의 부품도면이 자동생성되도록 한다면 금형의 설계시간을 대폭 단축할 수가 있다.

ESSM은 이러한 기능도 가지고 있다. 다만 현재 단계에서는 형상만 출력되기 때문에 치수는 수작업으로 입력해야 하는 불편이 있다.

그러나 ESSM은 필요한 공차범위와 변형률에 관한 것을 이 분야의 전문가로 부터 추출한 경험치를 적용하였기 때문에 초보자도 설계를 가능하게 하였고, 설계에 소요되는 시간을 크게 단축하였다. 실제로 설계에 걸리는 시간을 비교했을 경우, 숙련자가 완전한 도면을 출도하려고 하면 7월 정도가 걸리는 작업량을, ESSM으로는 2시간내에 완성할 수 있다. 또한 도면에 대한 오차를 검증할 수도 있으므로 신뢰성이 매우 높다.

(2) 부품별 설계조건

브라운관의 크기별로 외형치수를 참조하여 knock out 및 punch의 외곽치수를 결정하고 금형의 구조에 맞게 드로잉한다. 그리고 유압프레스(양산설비)의 사양에 의하여 금형의 스트로크를 결정한다. knock-out와 punch의 크기에 의하여 Stripper와 Die의 변형률 및 측벽강도를계산 하고, 여기에 맞추어 나머지 부품을 설계한다. Fig.3은 설계에 필요한것이다.

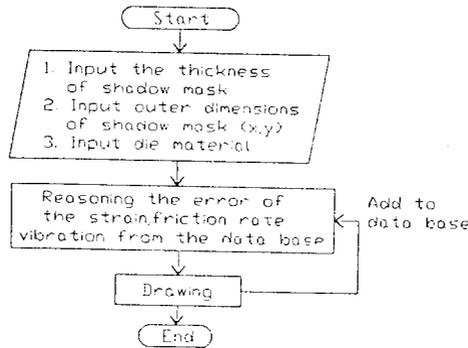


Fig.3. Flow Chart of die design

위의 흐름도에서 보면 변형률, 마모율, 금형의 진동에 대한 것은 과거의 Data Base를 이용하여 크기별로 결정하도록 하고, 만약 새로운 크기의 금형이 들어가면 기존에 존재하는 크기의 변형률의 인수를 곱하여 설계가 되도록 하였다. 설계가 끝나면 새로운 데이터로 저장되어, 금형제작시 야기되는 문제점을 수용할 수 있게 하였다. 이렇게하여 Punch, Knock-out, Die Stripper, Sub Block, Die Set, Lower Holder, Punch Block, Upper Holder의 도면을 생성하게 된다.

3. Shadow Mask의 가공

Punch, knock-out의 곡률식을 보면 식(1)과 같이 고차다항식으로 이루어져 있다.

$$Z = A_1 X^2 + A_2 X^4 + A_3 Y^2 + A_4 Y^4 + A_5 X^2 Y^2 + A_6 X^4 Y^2 + \dots \quad (1)$$

- $A_1 A_2 \dots$: 브라운관 곡률에 대한 상수 (곡면의 기울기를 결정)
- X : X축의 치수 (브라운관 크기) 증가
- Y : Y축의 치수 (브라운관 크기)

위의 식을 이용하여 설계시 결정된 Punch 및 Knock-out의 외곽치수를 참조하여 가공용 공구를 결정하고, 난삭재 가공조건에 대한 추론을 하여, 알맞는 가공조건을 결정한다. 이때 공구지름, 가공피치는 대화식으로 결정한다. 실제화면에서 공구경로 및 가공시간을 계산한후 표시하게되며, 가공용 데이터는 사용자가 지정한 파일로 저장된다. 그리고 가공용 데이터는 다시 DNC 방식으로

기계에 전송되어 가공을 하게 된다.
 Fig. 4. 는 가공방법에 대한 흐름도이다.

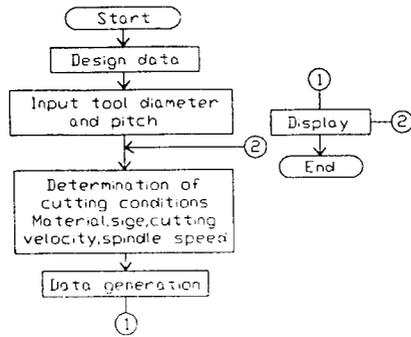
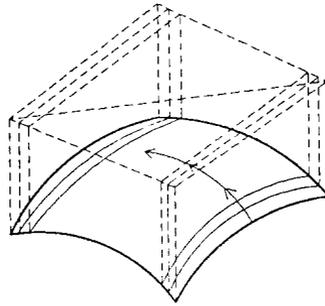
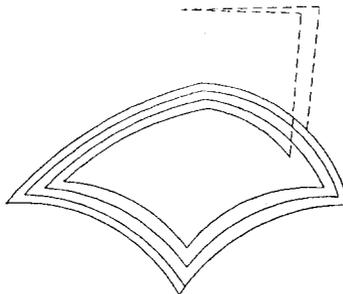


Fig 4. Flow chart of cutting

위의 흐름도에서 처럼 금형의 재질이 난삭재이고, 곡률의 식이 상수로 구성되어 있기 때문에 스프링 백 데이터를 추론하기가 어렵다. 따라서 검정부에서 새로운 데이터를 생성하여 재가공에 들어가야 한다. Fig. 5. 는 가공경로에 대한 그림이다.



(a) one direction cutting path



(b) profile cutting path

Fig 5. Cutting tool path

4. SHADOW Mask의 곡면에 대한 검정 및 스프링 백 추정

4-1. 검정

식(1)에서 Z값을 계산하여 이론치로 두고 3차원 측정기에서 곡면을 측정하고, 차이를 계산한다. 그리고 측정된 값을 가지고 Regression하여, 새로운 상수를 생성하는데, 생성하는 수학적인 Modeling는 식(2)와 같다.

$$B = [X^T X]^{-1} X^T Y = \begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (2)$$

단,

$$\begin{bmatrix} 1 & X^2 & X^4 & Y^2 & Y^4 & X^2 & Y^2 & \dots \\ \vdots & & & & & & & \end{bmatrix} \quad \text{측정값에 대한 매트릭스}$$

$$Y = Z \text{ 값(측정시)}$$

B는 새로운 상수가 생성됨으로 하나의 추론 데이터로 사용한다. 여기서 이론치 상수를 A, 새로운 상수를 B, 차이를 C라고 하면 C=A-B에서 C를 계산한다. 이때 한가지의는 스프링 백의 상수로 취급한다. 단, 여기서 C값은 제품의 실험결과가 합격품일 경우이다.

합격품일 경우 C값은 다음에 추론 데이터로 사용될 중요한 자료임으로, 아래와 같은 Data로 저장한다.

```
IF 브라운관크기(14") THEN punch의 재질은 NAK80,
    A1 = -1.1012456E10
    A2 =
```

이러한 데이터를 기준으로 하여 새로운 곡률에 대한 스프링 백을 계산하는 알고리즘은 다음과 같다.

- ① 이론치에 대한 Z값을 계산한다.
- ② 임의의 스프링백을 적용, Regression하여 상수를 생성시킨후에 Z값을 계산한다.
- ③ 이론치-생성시킨 Z값의 차이를 계산하여 그 오차를 화면에 나타낸다.
- ④ 오차범위의 데이터가 일정한 변형값을 표시함으로 경험 또는 전문가에 의해서 생성된 값을 가지고, 추론기관의 Data Base를 이용하여 가장 근접한 데이터를 추론한다. 그리고 추론값의 비율을 곱하여 새로운 상수를 생성하는 것을 반복한다. 이렇게 함으로써 스프링 백과 Shadow Mask의 검정이 빠른 시간내에 완벽하게 이루어진다.

5. 결론

본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1). Shadow Mask 금형과 같이 정밀하고, 세밀한 관리를 필요로 하는 금형제작에 있어서, 지금까지 밝혀진 지식과 경험을 토대로 전문가 시스템을 개발함으로써, 이와 유사한 분야에 대한 전문가 시스템의 개발가능성을 증명하게 되었다.
- 2). 본 전문가 시스템의 활용으로 종래의 Mask Shadow 금형개발 기간이 1년정도 소요되던 것을 3개월정도로 단축함으로써, TV 브라운관의 생산성 향상에 크게 기여하게 되었다.
- 3). 본 연구는 곡면에만 한정되었지만, 차후의 연구과제로써는 완전한 Shadow Mask 금형의 설계제작 시스템이 되도록 하는 것이다.