

평금형 랜드부 설계자동화에 관한 연구

김창우* · 이춘만**

A Study on Automatic Design Technology for Die Land of Square Dies

C.W. Kim and C.M. Lee

Abstract

This study presents development of an software for process and die design of hot extrusion through square dies. The design of extrusion dies is still an art rather than a science with increasing complexity of shape and thinness of section. Therefore, most of the die design is still dependent on personal judgement, intuition and experience. The objective of this study is to develop an software system which includes a design rule extracted from literatures and experts in the extrusion industry. The developed system is effectively used to design extrusion processes and dies with reduced lead time and trial extrusion.

Key Words : Die Land, Square Die, Computer-Aided Design

1. 서론

압출금형의 형상에 따라 평금형, 원추형 금형, 유선형 금형 등으로 분류할 수 있다. 이 중에서 가장 널리 쓰이는 것은 평금형(Square or Flat die)압출이다. 평금형 압출은 금형 형상이 간단하여 제작이 용이하므로 알루미늄이나 동합금 등의 주로 연한 금속에 대해 큰 압출비로 중간제품의 생산에 많이 쓰여왔다. 평금형설계를 위해서는 금형내 형상의 구멍수, 형상구멍의 형태와 그 배열 및 위치, 압출구의 형태 등의 선정이 요구되며 이러한 금형의 설계변수는 제품의 기하학적 형상, 재료의 특성,

변형속도 및 온도 등 여러 공정변수의 변화에 따른 소성 유동의 연구가 선행되어야 체계적으로 결정할 수 있다. 그러나, 현재까지는 소성유동에 대한 체계적 연구가 없어 경험 및 직관에 의존함으로써 시행착오의 수가 많아지며 시간과 경비의 소모가 많은 것이 문제점으로 남아있다. 본 연구에서는 평금형을 통한 열간압출에 대해 제품의 형상과 재질, 공구의 재질, 마찰 또는 윤활조건 등의 입력 데이터가 주어지면, 금형과 금형 주변장치, 펀치(Punch) 등의 설계치수가 결정되고, 설계도면을 생성해주는 설계자동화 시스템을 개발하였다. 특히, 압출업체에서 가장 어려워하고 있는 랜드부 길이를 형상의 두께와

* 창원대학교 대학원

** 창원대학교 기계설계공학과

도심(Centroid)에서의 거리로서 추측해 낼 수 있도록 하였다. 개발된 시스템의 전체 개략도는 Fig. 1에 나타내었다.

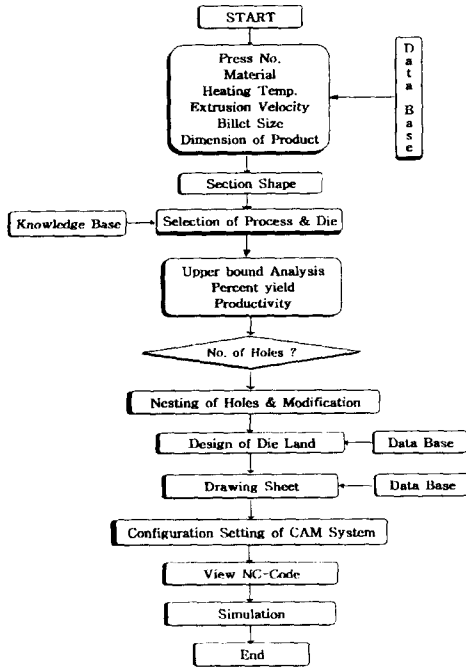


Fig. 1 Overall flowchart of the system

2. 시스템의 내용

2.1. 데이터 입력과 데이터베이스 구축

주요 데이터베이스는 1) 소재(Material) 2) 프레스 재원 3) 빌렛(Billet) 규격 4) 공정 및 금형선정 5) 랜드부 길이적용에 필요한 데이터 등에 관한 자료를 보관하도록 하였다. 다음 Fig. 2는 데이터를 읽어와 두께와 도심에서의 거리로 데이터 피팅(Fitting; Interpolation)작업을 실시하고 하나의 일반식으로 만드는 작업을 보여준다. 본 시스템에서는 형상단면의 두께와 도심과의 거리를 변수로 하여 금형랜드부 길이의 일반식을 구하는데 있어 최대오차들을 최소로 하는 최소 자승법(Least-squares Method)을 이용하였다. 다음식은 두 개의 독립변수와 하나의 종속변수로 이루어진 함수에 사용되는 기본식이다.

$$z = \sum_{i=-NA}^{NA} C_i e^{-x^i} + \sum_{j=-NB}^{NB} C_j e^{-y^j} + \sum_{k=-NC}^{NC} \sum_{l=-ND}^{ND}$$

$$C_{kl} x^k y^l + \sum_{m=-NE}^{NE} \sum_{n=-NF}^{NF} C_{mn} x^m y^n + \sum_{p=-NG}^{NG}$$

$$\sum_{q=-NH}^{NH} C_{pq} x^p y^q + \sum_{r=1}^{NI} C_r x^r + \sum_{s=1}^{NJ} C_s y^s \quad (1)$$

여기서, $C_i, C_j, C_{kl}, C_{mn}, C_{pq}, C_r, C_s$ 들은 각 항목의 상수들이다.

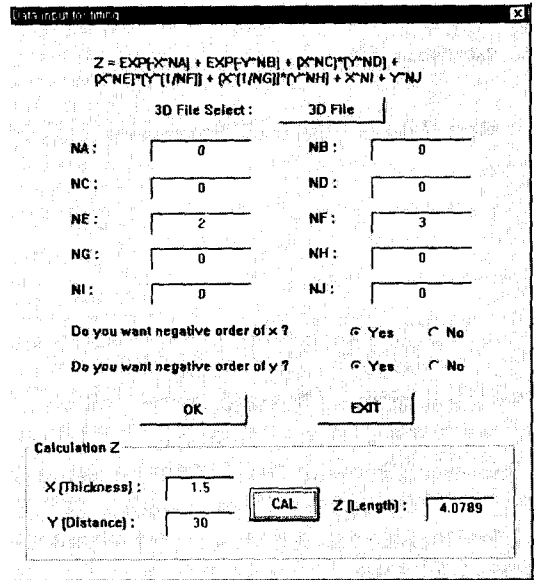


Fig. 2 Dialogue for data fitting

2.2 금형랜드부 길이 적용

본 연구에서는 현장에서 금형랜드부 길이를 적용하는데 사용하는 방법을 최대한 이용해 적용하도록 하였다. 자동, 반자동, 수동의 3가지 방법에 의한 금형랜드부 길이를 적용할 수 있도록 하였다.

첫째, 자동에 의한 방법은 마우스로 직선의 근처에 점

을 찍으면 가장 가까운 직선에 수선의 발을 내리고 같은 기울기이면서 가장 가까운 다음 직선을 찾아 다시 수선의 발을 내려 이를 형상의 두께로 하고, 그 두 수선의 발의 중심을 도심과의 거리로 삼아 이를 전술한 금형랜드 길이 일반식에 대입해 금형랜드 길이를 산출한다.

둘째, 반자동에 의한 방법을 나타낸 것이다. 먼저, 동심원 간격을 입력하면 도심에서 간격만큼의 동심원을 그리고 이와 단면형상과의 교점을 화면에 표시한다. 그 중에서 4점을 선택하면 두께와 도심과의 거리를 계산하여 금형랜드 길이 일반식에 대입해 금형랜드 길이를 산출한다. 직선과 원의 교점을 구하는 공식은 다음과 같다.

원의 방정식이 음함수식

$$(x-x_c)^2+(y-y_c)^2-r_c^2=0 \quad (2)$$

으로 주어지고 직선의 방정식이 매개변수식

$$\begin{aligned} x &= x_0 + ft \\ y &= y_0 + gt \end{aligned} \quad (3)$$

으로 주어졌을 때, 직선의 식을 원의 방정식에 대입하면 t 에 대한 이차방정식

$$(x_0-x_c+ft)^2+(y_0-y_c+gt)^2-r_c^2=0 \quad (4)$$

을 얻고, 이를 t 에 대해 풀면

$$\begin{aligned} t &= \frac{f(x_c-x_0)+g(y_c-y_0)}{f^2+g^2} \\ &\pm \frac{\sqrt{r_c^2(f^2+g^2)-[f(y_0-y_c)-g(x_0-x_c)]^2}}{f^2+g^2} \end{aligned} \quad (5)$$

이 된다. t 에 대한 해가 허근이면 직선과 원이 만나지 않는 경우이고, 중근이면 접하는 경우이며, 두 개의 실근이면 두 점에서 만나는 경우이다. t 를 직선의 방정식에 대입하면 교점이 된다.

셋째, 수동에 의한 방법은 직선에서 마우스로 원하는 두 점으로 구성되는 구간을 찍어 임의로 금형랜드 길이를 입력하여 그 구간을 같은 금형랜드부 길이를 적용한다.

2.3 자동 도면 생성과 NC코드 생성

본 연구에서는 시스템에 의해 설계된 자료를 넘겨주면, 데이터베이스로 저장된 부품들과 결합되어 자동으로 도면이 생성되도록 하였다. NC코드생성을 위한 사용자 설정을 하고 모의가공 시뮬레이션을 볼 수 있도록 하였다.

3. 결과 및 토론

본 연구에서 개발한 시스템의 효용성을 검증하기 위해 C형재와 U형재에 대해 압출공정과 금형의 설계를 해 보았다. C형재에 대하여 프레스 고유번호, 소재를 입력하고, 알루미늄 6061계열을 선택하고, 가열온도 450℃, 압출온도 300℃, 압출속도 5000mm/min을 입력한다. Fig. 3는 입력한 단면 형상, 최대 외접원, 단중, 형상계수, 면적 등의 여러 정보를 화면상에 보여주는 과정이다.

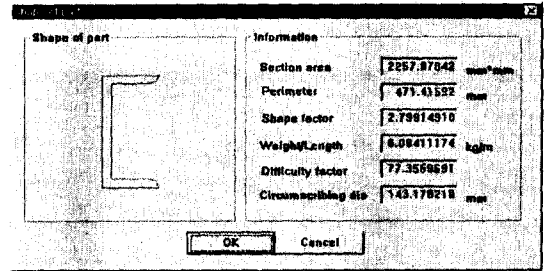


Fig. 3 Information of section shape

공정선정과 금형선정 과정에서는 직접압출과 평금형을 선택하였다. Fig. 4은 앞에서 입력된 데이터에 의해 최적의 압출구멍수를 선정하기 위해서 경험식과 상계해법에 의해 압출하중을 계산하고, 재료의 생산률과 생산성을 서로 비교하여 사용자가 최적의 빌렛길리와 압출구멍수를 선정할 수 있도록 도표로 보여주는 과정이다. 본 예제의 경우에는 계산결과, 상계해에 의한 압출하중이 2746.0ton, 경험식에 의한 압출하중이 3065.7ton, 압출비가 11.0, 제품의 개수가 1개, 재료의 생산률이 80.5%임을 알 수 있었다. Fig. 5는 금형위에 압출구멍을 단면형상의 도심과 금형의 도심을 일치시켜 배치하고 금형랜드부 길이를 적용하는데 자동, 반자동, 수동으로 직선분할에 의한 금형랜드부 길이를 적용하였다. 다음 Fig. 6은 저장되어 있던 금형측면 데이터베이스를 불러오고 수평 및 수직 치수를 입력하여 최종 도면을 완성할 수 있다. 마지막으로 금형가공용 CAM 시스템부분이다. 먼저, NC코드생성을 위한 사용자 설정을 하고나면 NC코드를 보여주고 파일로 생성하며, Fig. 7과 같이 가공 시뮬레이션을 보여준다. 다음은 U형재에 대하여 금형설계를 해 보

았다. 7075계열의 소재를 선정하고, 가열온도 400℃, 350℃, 압출속도 1500mm/min을 입력하였다. 직접압출과 평금형이 추천되었다. 생산률, 생산성등을 고려하여 압출구멍 4개가 최적의 압출구멍임으로 이를 선정하고 금형랜드부 길이를 적용하였다. Fig. 8는 완성된 도면을 나타낸다.

평금형을 통한 열간압출의 금형을 설계할 수 있는 시스템을 개발하였고, 몇가지 예제에 적용해 본 결과 2~3시간 걸리던 설계시간을 20~30분 이내로 단축할 수 있었다. 금형랜드부 설계는 자동, 반자동, 수동의 기능으로 초보자도 쉽게 접근할 수 있도록 하였다.

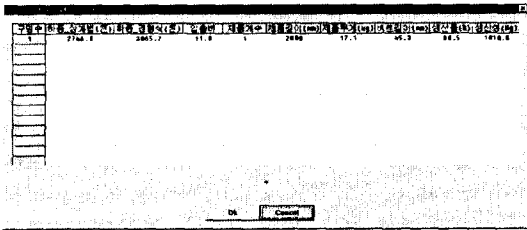


Fig. 4 Output table of analysis

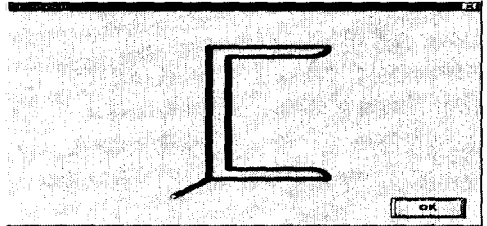


Fig. 7 Simulation of wire-cut EDM

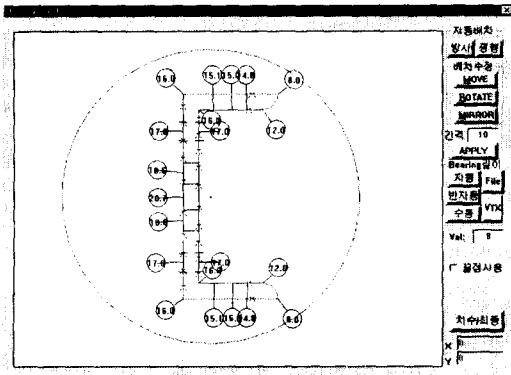


Fig. 5 Design of die land

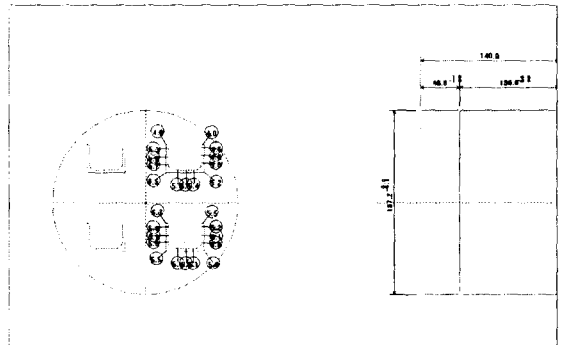


Fig. 8 Drawing sheet

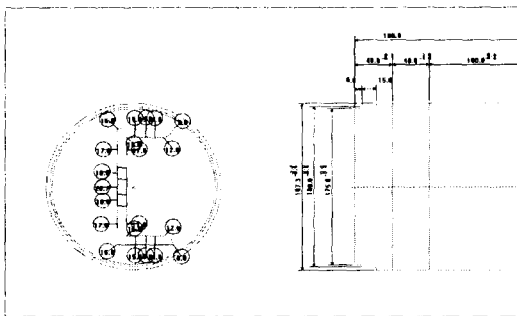


Fig. 6 Drawing sheet

4. 결론

참고 문헌

- (1) C. F. Billhardt, V. Nagpal and T. Altan, 1978, "A computer graphics system for CAD/CAM of aluminum extrusion dies", SME Paper MS 78-957, May.
- (2) 최재찬, 김병민 외 5인, 1990, "알루미늄합금 형재의 열간 압출 금형설계 자동화에 관한 연구", 한국정밀공학회지, 7권 3호 p. 26.
- (3) V. Nagpal, C. F. Billhardt, R. Gagne and T. Altan, 1977, "Automated design of extrusion dies by computer", Int. Aluminum Extrusion Technology Seminar, Atlanta, pp. 15~17.
- (4) C. Purnell and D. Males, 1980, "Extrusion die design by computer", Light Metal Age, p. 12.