

알루미늄 합금 형제의 열간 압출 금형 설계 S/W개발

송인성*(창원대 대학원 기계설계공학과), 이춘만(창원대 기계설계공학과)

A study on Development S/W design of dies for hot extrusion of structural shapes from aluminum alloys

I. S. Song (Graduate School, Changwon National Univ.), C. M. Lee (Changwon National Univ.)

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 system also includes finite element simulation program. The developed system is effectively used to design extrusion processes and dies with lead time and trial extrusion.

Key Words : Hot Extrusion, Square Die, Computer-Aided Design

1. 서론

각종 설계자동화에 대한 연구는 경험이 많은 숙련기술자들에 의존해 온 설계의 노하우를 검토, 분석하여 체계화시킴으로써 경험이 적은 비숙련기술자들에게도 훌륭한 설계를 할 수 있도록 하는데에 노력이 집중되고 있는 실정이다. 소성가공 공정설계와 금형설계는 재질, 윤활과 마찰, 응력과 재료유동 등 수많은 변수들을 복합적으로 고려해야 하는 어려운 문제이므로 이의 설계자동화는 필수적으로 요구되고 있으며, 그동안 여러 연구가 수행되었고, 압출에 대한 적용은 Purnell, Altan, Choi, Lee등에 의한 연구가 있다.

본 연구에서는 평균형을 통한 열간압출에 대해 제품의 형상과 재질, 공구의 재질, 마찰 또는 윤활조건 등의 입력 Data가 주어지면, 금형과 금형 주변장치, 펀치(Punch) 등의 설계치수가 결정되고, 설계도면을 생성해 주는 설계자동화 S/w를 개발하였다. S/w의 각종 규칙(Rule)과 Data base는 각종 Handbook, 현장 전문가의 경험적 지식과 실험 등을 토대로 하여 구축하였다.

개발된 S/W의 개략도는 Fig. 1에 나타내었다.

2. SYSTEM의 내용

2.1 Data 입력과 Database 구축

본 System에서는 입력 가능한 압출재의 단면 형상을 봉재(Rod or Wire), 둥근 튜브재(Round Tube), 형재(Solid Shape), 속이 빈 형재(Hollow Shape)의 4가지로 분류하였다. 입력된 형상에 따라 제품의 치수와 금형랜드(Die land) 길이 등이 입력되도록 하였다. 구축된 Data base는 개방된 구조를 취하여 수정과 보완이 용이하도록 하였고, 산업체 나름대로의 실정에 맞는 System 구축이 가능하도록 하였다. 주요 Data base는 1) 소재(Material) 2) 프레스 제원 3) 빌렛(Billet) 규격 4) 압출구멍 보정 5) 공정 및 금형선정 등에 관한 자료를 보관하도록 하였다.

2.2 형제의 단면형상 입력

형제의 단면형상을 System에 입력하는 방법은 Auto-CAD R14에서 주어지는 DXF File을 읽어서 System의 Data로 바꾸는 Interface program을 개발하였다. 원하는 형상을 선택하게 되면 화면상에 단면형상이 그려지고, 단면적, 원주길이, 단중, 최대외접원 직경등이 자동으로 계산된다.

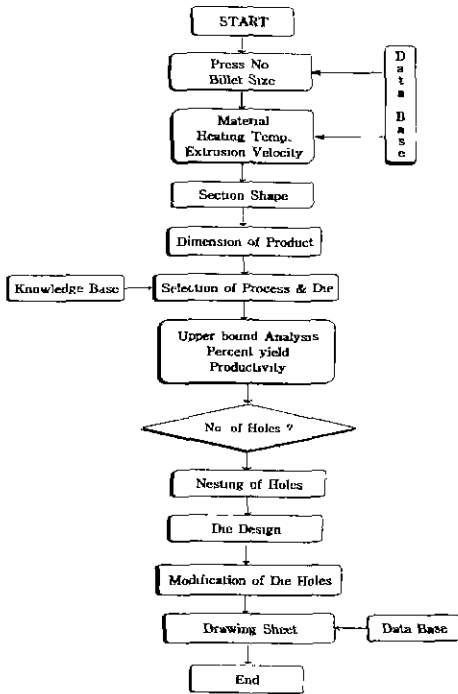


Fig. 1 Overall flowchart of the system

2.3. 면적 및 도심의 계산

압출비를 계산하고 압출구멍을 배치하기 위해서는 임의형상의 형재단면의 단면적과 도심(Centroid)을 구해야 한다. 압출구멍 형상은 대부분 직선과 원호로 구성되어 있으므로, 임의형상의 단면적은 Green's theorem에 의해 직선과 원호의 경계선을 따르는 선적분을 이용하여 계산하였다 산하였다

2.4. 공정 및 금형선정의 추론

본 연구에서는 현장 전문가 면담과 각종 자료를 참고하여 공정 및 금형선정의 체계를 구축하고 공정 및 금형을 탐색하고 선정할 수 있도록 하였다. 공정 선정은 압출형태의 외접원 직경(Circumscribing Circle Diameter, CCD), 재질, 빌렛의 표면가공, 치수정밀도 등을 기초로 하여 직접압출과 간접압출을 추론할 수 있도록 하였다. 금형선정은 단면형상, 형상비(Shape factor), 텡비(Tongue ratio), 재질의 용각여부등을 기초로 하여 추론 대상을 평금형(Flat die), 유동가이드를 가진 평금형(Flat die with flow guide), Semi-hollow die, Porthole die, 만드렐을 가진 평금형(Flat die with mandrel)과 압출 불가능인 경우 등으로 하였다.

2.5. 압출구멍 갯수 및 빌렛규격 선정과 압출 하중의 계산

본 연구에서는 Fig. 2에서와 같은 계산 알고리즘을 사용하여 최적의 금형 압출구멍의 갯수와 빌렛규격을 선정할 수 있도록 하였다.

빌렛직경과 길이가 주어지고, 제품길이 L_f , 허용길이 L_a , 런아웃길이(Runout length) L_R , 단중(Weight per unit extrude length) W_u , 최대 압출중량(Maximum extrude weight) W_t 라고 할때 최소 및 최대 압출구멍의 갯수는 다음과 같다.

$$N_{h_{min}} = \text{정수값}\left(\frac{W_t}{W_u L_R}\right), \quad (1)$$

$$N_{h_{max}} = \text{정수값}\left(\frac{W_t}{W_u (L_f + L_a)}\right)$$

그리고, 한개의 압출 구멍당 생산되는 제품 갯수의 최소 및 최대값은 다음과 같다.

$$N_{f_{max}} = \text{정수값}\left(\frac{L_R - L_a}{L_f}\right), \quad (2)$$

$$N_{f_{min}} = 1$$

2.6.1 경험데이터 보간에 의한 방법

단면의 두께와 도심에서의 거리로 구성된 금형렌드부 길이 경험데이터를 보간하여 일반식을 유도하고 이를 이용하여 임의의 위치에서의 금형렌드부 길이를 산출할 수 있도록 하여야 한다. 형상단면의 두께와 도심에서의 거리를 변수로 하여 금형렌드부 길이의 일반식을 구하는데 있어 각 점에서 최대오차를 최소화 하는 최소 자승법(Least-squares method)을 이용하였다.

이 방법은 자동, 반자동, 수동의 3가지 방법에¹⁹⁾ 의해 금형렌드부 길이를 적용하도록 하였다

2.6.2 기준길이에 의한 방법

기준길이에 의한 방법은 현장에서 가장 흔히 쓰이는 방법이다. 먼저, 기준길이라 함은, 금형의 중심에서 가장 멀고 단면의 두께가 가장 얇은 곳으로 전체 단면에서 기준이 되어 금형렌드부 길이를 더해 나가는 곳의 금형렌드부 길이이다. 기준길이에 의한 금형의 중심에서 단면형상 중 가장 먼 거리의 점을 찾아 기준길이를 적용할 곳으로 정하고 동심원을 그린다. 그 동심원에서 일정 간격만큼 또다른 동심원을 금형 중심쪽으로 그린다. 이때 동심원과 단면의 교점을 이용해 직선요소 분할을 한다 이때의 직선요소 분할은 앞서 설명한 자동에 의한 방법과 동일하게 마우스를 한번 클릭함으로써 이루어진다. 직선요소분할이 이루어질 때 2차원 좌표였던 것이 3차원

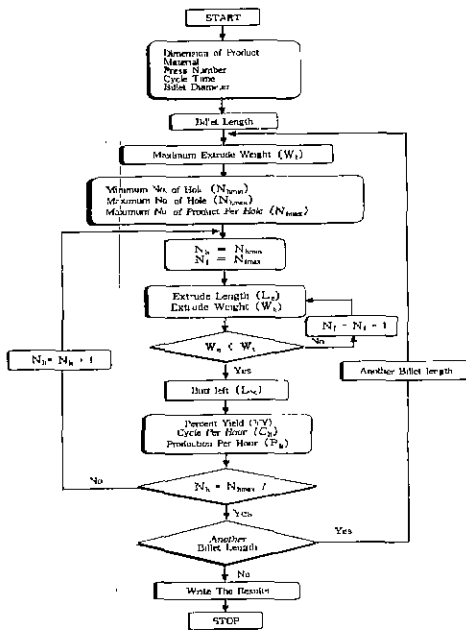


Fig. 2 Flowchart for determination of optimal number of die holes

좌표로 바뀌면서 좌표는 일단 '0'이 들어간다. 이렇게 충분히 직선요소 분할이 이루어지면, 같은 금형 랜드부 길이가 들어갈 부분을 마우스로 선택해야 하는데 데이터베이스에 의해 교점 근처의 단면의 두께를 입력하면 그에 따른 금형랜드부 기준길이를 추천한다. 기준길이에서 간격당 일정값을 더해 금형랜드부 길이를 적용한다. 이때 금형랜드부 길이는 마우스로 원하는 위치의 꼭지점을 지정하게 되면 입력된다. 만약 두께가 다른 곳이 있으면 그 두께에 해당하는 기준길이를 세로이 입력하여 추천값을 얻어야 한다.

2.7 출력모듈

일반적으로 현장에서 도면이 작성되기까지는 여러 번의 계산으로 설계가 이루어지고, 이 설계 데이터를 토대로 하여 설계자가 도면을 작성하며, 여러 개의 중복된 도면을 보관하는 번거로운 작업을 하고 있다. 본 연구에서는 시스템에 의해 설계된 자료를 넘겨주면, 데이터베이스로 저장된 부품들과 결합되어 자동으로 도면이 생성되도록 하였다. 즉, 측면도 중에서 압출에 사용되는 일반적인 금형장치(Die setup)의 주요 부품은 금형(Die), 유동가이드(Flow guide), 지지대(Backer)등인데 회사에서 사용되는 이들 부품 각각에 대한 치수와 공차 및 형상을 데이터베이스로 저장해 두고, 시스템에서 설계되고 수정된

압출 구멍형상 데이터와 같이 넘겨받아 도면에 그리도록 하였다. 정면도의 치수는 수축률을 고려하여 'Soft Alloy' 일 때는 치수의 1%를 크게 하고, 'Hard Alloy' 일 때는 치수의 1.2%를 크게 하여 수평치수와 수직치수를 기입할 수 있도록 하였다. 키보드의 'H'를 누르면 형상의 수평치수를 나타내게 되는데 마우스로 수평한 형상의 꼭지점을 찍고 치수가 나타날 곳을 찍게 되면 치수가 나타나게 된다. 또, 키보드의 'V'를 누르면 형상의 수직치수를 나타내게 되는데 마우스로 수직한 형상의 꼭지점을 찍고 치수가 나타날 곳을 찍게 되면 치수가 나타나게 된다. 최종도면에서 TO DXF를 클릭하면 금형랜드부의 길이가 적용된 도면이 nc_pre.dat로 저장되고 AutoCAD를 클릭하여 .DXF로 저장된 도면을 수정 또는 보완 할 수 있다.

2.8 CAM 모듈

본 연구에서는 자동으로 금형설계 도면이 생성된 후 가공조건과 가공명령을 주면 임시파일에 가공경로 데이터를 저장하고, 이를 NC코드로 변환할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 개발한 시스템은 전과정의 금형설계 도면파일을 받아 사용자가 원하는 형태의 NC코드를 생성하며, NC코드를 생성하는 순서는 다음과 같다.

1. 사용자는 도면파일을 CAM시스템에서 NC코드 생성을 위한 사용자 설정파일 (CFG)을 만든다.
2. 도면파일을 읽어서 사용자가 그린 도면의 첫 번째 요소를 기준으로 정렬하여 작업파일(FRT)을 생성한다.
3. 정렬된 작업파일(FRT)을 이용하여 사용자가 창에 입력한 시작 요소를 기준으로 다시 정렬하여 작업파일(SRT)을 생성한다.
4. 사용자 설정파일(CFG)에 의해 공구가 공작물에 접근하는 경로를 직선과 원호 데이터로 작업파일(APP)을 생성한다.
5. 위 3, 4의 작업파일(SRT)과 작업파일(APP)를 합하여 2차원 임의의 형상의 Wire-cut EDM을 위한 NC코드(.NC)와 금형랜드부 가공을 위한 NC코드(.NC2)을 생성한다.

2.7 자동 도면 생성

본 연구에서는 Expert system에 의해 설계된 자료를 넘겨주면, Data base로 저장된 부품들과 결합되어 자동으로 도면이 생성되도록 하였다. 또한, 자료관리를 쉽게 하도록 하기 위해 압출구멍 형상과 각 부품 Data가 저장된 File을 종합관리하는 File을 두어 계층구조(Tree structure)로 만들었다. 이 종합관리 File중의 하나를 선택하면 금형, 유동가이드, 지지대

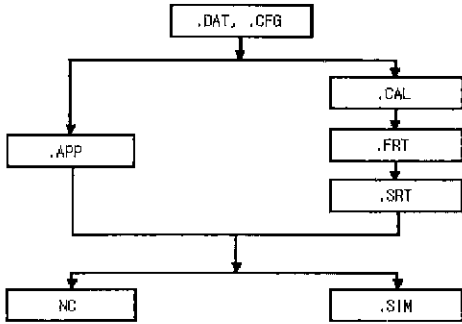


Fig. 3

(Backer)등의 치수및 치수공차와 함께 압출구멍의 치수, 치수공차. 금형렌드의 길이, 각 부품의 직경과 두께등이 Graphic화면에 나타나고, 문서화 또는 도면화하여 출력할 수 있도록 하였다.

3. 결과 및 토론

본 S/W는 퍼스널 컴퓨터에서 Visual C++로 작성하였고, 그 효용성을 검증하기 위해 국내 유명 압출 회사에서 생산중인 제품의 도면을 이용하였다. 주택베란다용 알루미늄 새시로서 미단이 창문 개폐시 가이드레일로 사용되는 창문레일 형체를 압출공정과 금형을 설계해 보았다.

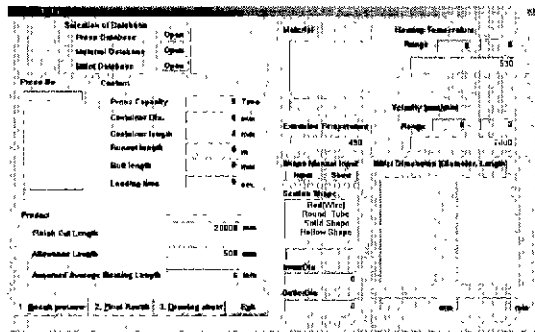


Fig. 4 초기화면

최적의 압출구멍 개수와 압출하중을 구하는데 필수적인 프레스의 고유변호를 선택한다. 'Press_No.3'을 선정하고 빌렛의 가열온도, 압출온도 및 압출속도는 각각 500℃, 450℃, 7000 mm/min으로 입력한다. 제품의 치수를 입력하는데 제품길이(Finish cut length)를 2700mm, 여유량(Allowance length)을 100mm, 금형렌드부 길이를 4mm로 입력한다.

단면형상의 입력은 기존의 AutoCAD R14에서 그려진 파일(DXF)을 불러 올 수 있도록 되어 있다. Fig. 9는 앞에서 입력된 데이터를 가지고 최적의 압출구멍수를 선택하기 위해서 경험 식과 상계해법에

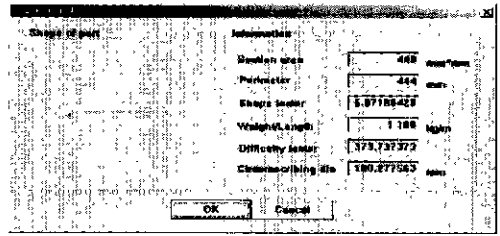


Fig. 5 입력결과 (창문 레일 형제)

의해 압출하중을 계산하고, 재료의 생산물과 생산성을 서로 비교하여 사용자가 최적의 빌렛길이와 압출구멍 수를 선택할 수 있도록 도표로 보여주는 과정이다.

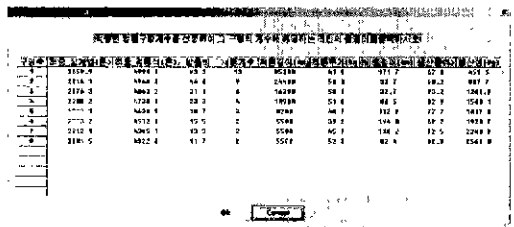


Fig. 6 해석결과표 (창문 레일 형제)

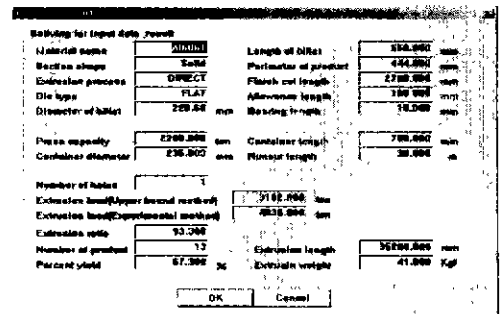


Fig. 7 결과창 (창문 레일 형제)

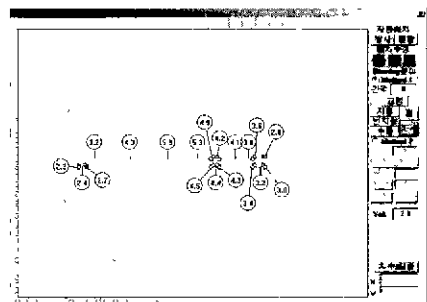


Fig. 8 자동에 의한 금형렌드부 길이 적용 (창문 레일 형제)

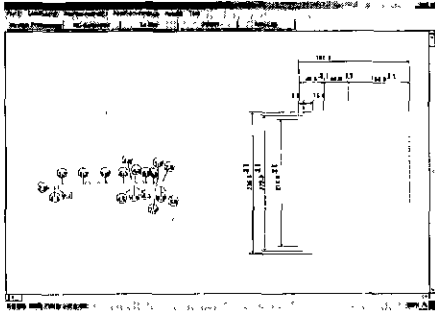


Fig. 9 도면 (창문레일 형제)

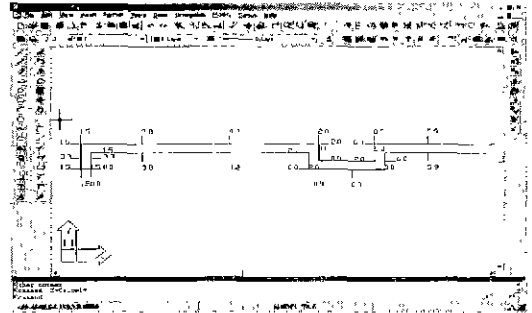


Fig. 12 AutoCAD R14 도면 확대 (창문레일 형제)

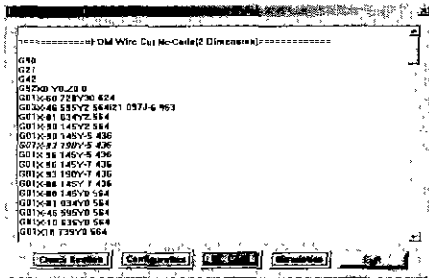


Fig. 10 NC-code (창문 레일 형제)

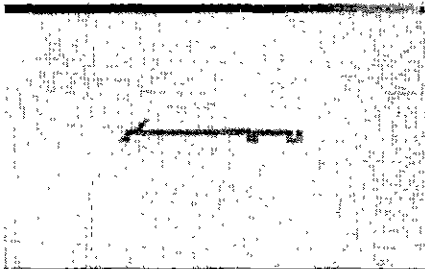


Fig 11. 가공 시뮬레이션 (창문 레일 형제)

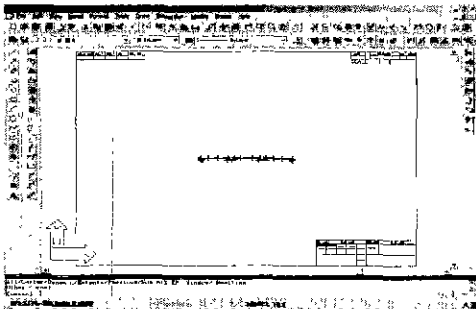


Fig. 12 AutoCAD R14 도면 (창문레일 형제)

4. 결론

평금형을 통한 열간압출의 공정 및 금형을 손쉽게 설계할 수 있는 S/W를 개발하였고, 몇가지 예제에 적용해 본 결과 설계시간을 많이 단축할 수 있었을 뿐만 아니라 더 정확한 금형도면을 생성할 수 있었다. Auto-CAD R14에서 직선과 원호로 구성된 DXF File을 불러 System의 Data로 바꾸는 Interface program을 개발하였다.

압출금형을 설계하기 위한 다음과 같은 기본설계 프로그램을 만들었다.

- 1) 단면적, 도심, 압출비, 외주길이, 형상계수, 단중, 압출난이도, 외접원지름 등의 계산
- 2) 상계해법과 실험식에 한 압출하중 계산
- 3) 최적의 생산률과 생산성을 얻을 수 있는 설계

참고문헌

- (1) C. Purnell and D. Males, Extrusion die design by computer", Light Metal Age, pp. 12 (1980)
- (2) C. F. Billhardt, V. Nagpal and T. Altan, A computer graphics system for CAD/CAM of aluminum extrusion dies", SME Paper MS 78-957, May (1978)
- (3) V Nagpal, C. F. Billhardt, R. Gagne and T. Altan, Automated design of extrusion dies by computer", Int. Aluminum Extrusion Technology Seminar, Atlanta, pp. 15-17 (1977)
- (4) 이춘만, 이승훈, 양동열 1995, "평금형을 통한 열간압출의 공정 및 금형설계용 전문가 시스템 개발에 관한 연구", 한국소성가공학회지, 4권 4호 p.322
- (5) 김창우, 이춘만 2000, "평금형 랜드부 설계자동화에 관한 연구", 한국소성가공학회지, 9권 1호 p.1