

평금형 압출공정 설계 인자에 대한 해석적 고찰

이창희* · 양동열**

Analytical Considerations on Some Design Parameters of Flat-Die Extrusion Processes

C. H. Lee and D. Y. Yang

Abstract

In the present study, several design parameters of the flat-die extrusion process are investigated using the rigid-plastic finite element method. The effect of location of extrusion profile, arrangement of multiple extrusion profiles, and design of various die land has been investigated through the analysis. Several numerical examples of flat-die extrusion, such as C-section, multiple U-shape, and window guide extrusion, are analyzed. From the comparative study, the effect of design parameters is investigated. In each example, comparing the velocity distribution with that of the original design, it has been shown that the design modification affords much more uniform distribution of axial velocity.

Key Words : Extrusion, Finite Element Method, Die Design Parameter

1. 서 론

알루미늄 압출 공정은 일정한 단면 형상을 가지는 제품에 대해 높은 생산성과 품질, 가격 경쟁력 등을 보장하기 때문에 자동차나 건설 구조물 등의 생산에 많이 사용되어지는 효과적인 공정이다. 또한 이는 제품의 우수한 성능 및 품질의 신뢰성에 의해 내구 소비재에서 운송수단, 또는 전자제품에서 건설 및 건축에 이르는 매우 광범위한 시장의 다양성을 지닌다고 알려져 왔다. 여기서 압출공정에 대한 시간, 가격, 공정 반복도는 설계자에게 매우 중요한 인자이며, 이러한 특성은 알루미늄 압출에 다른 공정이나 재료에서 찾을 수 없는 많은 장점을 제공

한다. 그러나 압출공정은 공정 설계에 있어서 매우 복잡한 설계 인자들을 지니고 있으며, 지금까지는 이러한 인자의 판단을 숙련된 설계자의 경험에 의해 수행해왔던 것이 사실이다. 하지만, 이러한 설계 방식은 많은 시행착오와 그에 따른 비용 및 시간의 손실을 가져오게 된다. 따라서 이러한 불편함을 해결하고자, 근래의 연구에서는 압출공정의 설계에 유한요소법등의 수치 모사법을 사용하여 설계 인자를 결정하고자 하는 시도를 해 오고 있다. 본 연구에서는 이러한 연구의 일부로써 평금형 압출 공정에서의 공정 설계 인자들을 유한요소법을 적용함으로써 판단해 보도록 하고, 이를 이용하여 설계 개선을 수행한 결과를 소개할 수 있도록 한다.

* 한국과학기술원 기계공학과

** 한국과학기술원 기계공학과 교수

2. 압출공정의 유한요소 해석

유한요소 해석은 고체의 변형 문제, 열전달문제 등 자연계의 여러 가지 공학적인 문제를 수치적으로 모델링하고 이를 가상실험 함으로써 실제적으로 유용한 정보를 제공해준다. 압출공정을 해석하기 위해서는 공정 중 재료의 거동을 묘사할 수 있는 재료 모델을 설정해 주어야 한다. 압출공정은 금속의 소성변형을 유발하는데, 이러한 소성가공 공정의 효과적인 해석을 위해서 강소성 유한요소 모델링을 사용하였다. 이를 이용하면 신속하고 정확한 공정의 수치모사가 가능하다.

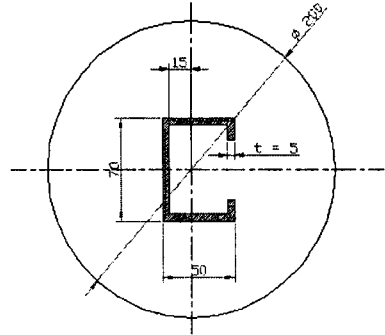


Fig. 2 Example of C-section extrusion

3. 평금형 압출의 설계 인자

본 연구에서 적용하고자 하는 평금형 압출은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

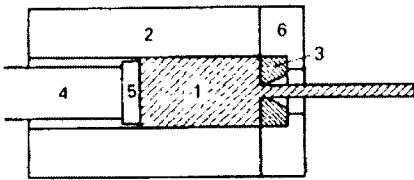


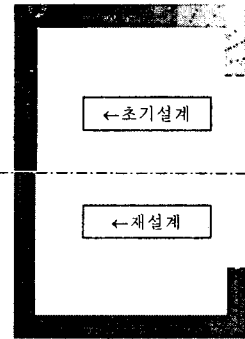
Fig. 1 Schematic diagram of flat-die extrusion

이러한 압출 공정의 설계를 위해서는 압출구의 위치, 다수의 압출구를 지닌 압출에 대한 압출구의 배치, 또한 제품 품질 향상을 위한 금형 랜드부의 설계 등의 인자에 대해 고려할 필요가 있다. 이와 같은 설계 인자에 의해 압출구를 따라 압출되는 속도가 매우 크게 영향을 받게 되고, 이러한 압출 속도의 불균일성은 압출품의 매우 큰 결함으로 나타날 수 있다.

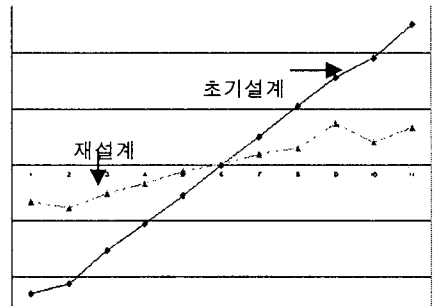
3.1 압출구 위치의 결정

우선 압출의 설계에서 가장 기본적인 설계 인자인 압출구의 배치에 대해 고찰해 보고자 한다. 한 개의 압출구를 지나는 압출의 경우 출구 배치에 의해 압출품의 비틀림 및 잔류응력등의 문제가 발생할 수 있으므로, 적합한 위치에 배치함으로써 압출구를 통한 출구속도 균일화를 기하는 것이 매우 중요하다.

압출구의 배치 효과를 관찰하기 위해 Fig. 2에서와 같은 C-형 압출에 대해 고찰하였으며, 초기엔 임의의 위치에 놓여진 경우와 개선안으로써 C-형 압출품의 무게중심을 고려하여 배치함으로써 그 출구 속도의 변화를 관찰 할



(a) Extrusion velocity with FEM analysis



(b) Comparison along the upper side

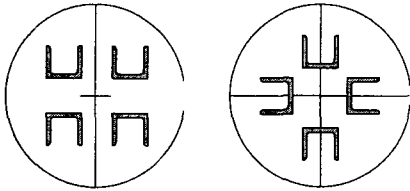
Fig. 3 Comparison of extrusion velocity at the orifice

수 있도록 한다.

압출구의 배치를 바꿔가며 해석을 해 본 경우에 있어서, 다음과 같은 속도 균일화 효과를 거둘 수 있었으며, 그 효과는 다음의 Fig. 3을 통해 쉽게 확인할 수 있다. 해석 결과를 통해 무게중심을 고려하여 압출구의 위치를 결정하는 것이 속도 균일화에 매우 유리한 효과를 지님을 확인할 수 있었다.

3.2 다중 압출구를 지나는 경우 압출구 배치의 결정

이전 절의 예에서 하나의 압출구를 지나는 경우의 위치 결정에서 무게중심의 고려가 중요한 인자임을 확인하였다면, 이번절의 예제에서는 다수의 압출구를 지나는 경우의 압출구 배치에 대해 고려하도록 한다.



(a) case 1

(b) case 2

Fig. 4 U-shape extrusion with 4-holes for different arrangements

이번의 고찰을 위해 선택한 예제는 아래의 그림에서와 같이 4개의 압출구를 지나는 U-자 형태의 압출에 대해 해석하도록 하며, 각 1/4분면의 무게중심에 배치된 압출구가 어떻게 위치하는 것이 속도 균일화 및 압출품의 품질에 좋은 영향을 미치는지 확인해 보도록 한다.

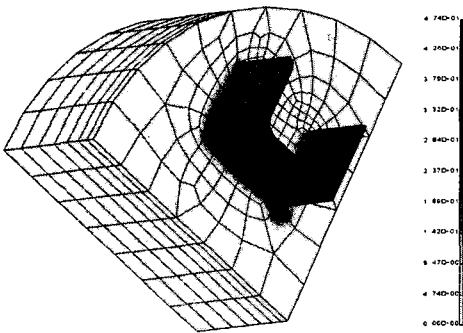


Fig. 5 Extrusion velocity of case 1

두 경우에 대한 평균 속도를 비교해 본 결과, case 1에서는 28.5mm/sec이었고, case 2에서는 41.6mm/sec였다. (램 속도 : 3mm/sec) 해석 결과를 통해 볼 수 있는 바에서와 같이, case 2의 경우가 평균 속도로 볼 때의 전체적인 압출 속도도 향상 되었으며, 압출된 제품에서의 상당한 속도 균일화 효과도 확인할 수 있었다. 이상의 비교를 통해 다중의 압출구에서의 배치에 대한 설계 인자에 대해 고찰해 볼 수 있었다.

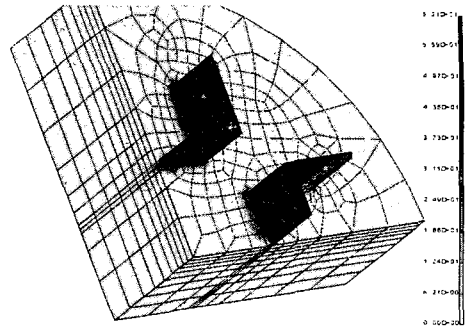


Fig. 6 Extrusion velocity of case 2

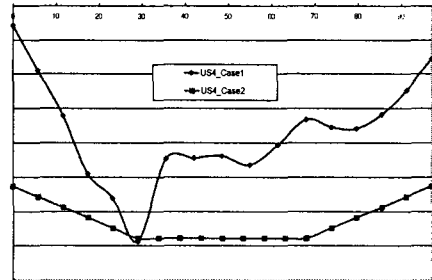


Fig. 7 Comparison of two different cases

3.3 금형 랜드부 길이 변화의 효과

이전의 예제를 통해서 는 주로 압출구의 배치에 의한 압출 속도의 개선에 대해 알아보았다. 그러나, 이러한 설계를 통해서 압출 속도 균일화가 모두 이루어질 수 있는 것은 아니므로, 평균형 압출에서는 이러한 압출속도 균일화 효과를 기하기 위해 금형의 랜드부 설계라는 또 한 가지의 인자에 대해 고려해 왔다.

금형의 랜드부를 컨테이너와 가까운, 마찰등의 여러가지 영향에 의해 압출 속도가 취약한 부분에서는 짧게 해주 고, 상대적으로 압출 속도가 크게 예상되는 중앙부분에서는 크게 함으로써 압출 속도의 편차를 제어할 수 있게 된다. 본 연구에서는 이러한 금형 랜드부의 효과를 알아 볼 수 있도록 하기 위해 Fig. 8 에서와 같은 창틀 형상에 대해 적용하였다. 결과의 비교를 위해 기존의 설계에서는 모든 영역에 대해 일정한 랜드부 길이를 가지는 형태를 가정하였으며, 개선된 설계에서는 빌렛의 압출 속도 차이를 적용하여 형상의 위치에 따라 가변적으로 설계된 랜드부의 형상에 대해 비교하였다.

4. 고찰 및 향후과제

이상의 연구를 통해 다음의 세가지 설계 인자의 영향에 대해 해석적으로 관찰해 보았다.

1. 단일 압출구에 대한 무게중심의 고려
2. 다수의 압출구에 대한 배치의 방향성 고려
3. 압출시 금형 랜드부 길이의 제어 효과 고려

평금형 압출에서 금형 설계에 영향을 주는 중요한 인자에 대해 해석을 통해 확인한 결과, 압출 제품 형상의 무게중심을 고려하여 압출구를 배치하고, 다수의 압출구를 지닌 경우는 빌렛 중심으로부터 균일한 위치에 배치될 수 있는 방사형 배치가 유리함을 확인할 수 있었고, 금형 랜드부를 조절함으로써 압출 시 상당한 속도 균일화를 가져 올 수 있음을 실제로 확인할 수 있었다. 평금형 압출에서는 이상의 세가지 주요한 인자를 적절히 활용함으로써 압출 속도의 상당한 균일화 효과를 가져 올 수 있다.

향후의 연구에서는 이러한 연구결과를 포트홀 금형을 통한 중공형 압출과 같은, 좀더 복잡한 압출에 적용시킴으로써 그 효과를 검증하고, 실제 압출품의 품질개선에 기여할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

후 기

본 연구는 산업기반기술과제 '압출금형의 자동설계 기술 개발(1999. 8~2000. 10)'의 일환으로 진행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) Yang, D.Y., Lee, C.M. and Yoon, J.H., 1989, "Finite element analysis of steady-state three dimensional extrusion of sections through curved dies", Int. J. Mech. Sci., Vol.31, p. 145.
- (2) Park, K., Yang, D.Y. and Kang, Y.S., 1999, Three-dimensional finite element analysis for hollow section extrusion of a triply-connected section using mismatching refinement with domain decomposition, revised to Engng. Computations.
- (3) 압출금형의 자동 설계 기술 개발 (연구보고서), 2000, 산업자원부, 생산기술연구원.

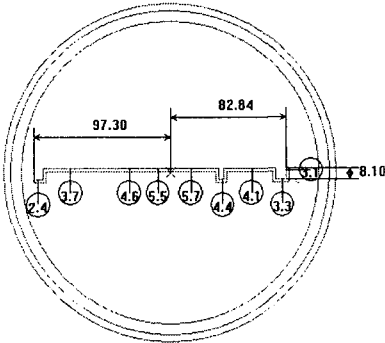


Fig. 8 Example of window guide with various die land

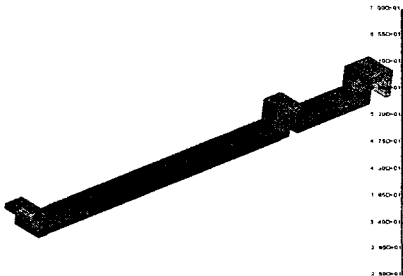


Fig. 9 Extrusion velocity with FEM analysis

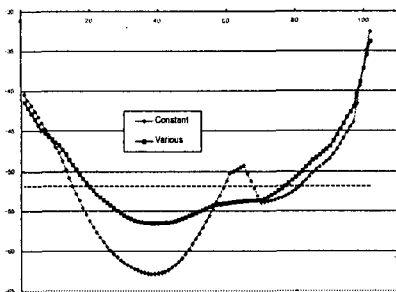


Fig.10 Comparison of extrusion velocity constant land with various land

이러한 두 경우의 해석을 비교한 결과, 이와 같이 복잡한 형상에 대해서도 금형 랜드부를 조절하면 상당히 균일화 된 속도를 얻어낼 수 있었으며, 이는 문헌조사를 통해, 실제 현장의 생산에 적용되는 금형과 매우 유사함을 확인할 수 있었다.