

물류 저장용 조립식 프레임의 제조 공정 단축을 위한 금형설계

허관도(동의대 기계공학과), 여홍태, 예상돈*(동의대 대학원 기계공학과)

Die Design of Structural Frame for Reduction of Processes

K. D. Hur(Mech. Eng. Dept., Dongeui Univ.), H. T. Yeo, S. D. Ye*(Mech. Eng. Dept., Dongeui Univ.)

ABSTRACT

Bending is one of the most common cold-stamping operations, recently it is many used to produce structural frame. Depending on the shape and dimensions of complex structural frame, a successive bending operation with simple dies may be economic. But, in this paper, it has been focused to reduce the bending operations by a successive-action compound die. Designed compound-die consists of blank-holder, cam, wedge and etc. In the result, this compound-die for structural frame enabled that it makes seven bending processes into one process, and improved productivity.

Key Words : Bending(굽힘), Cold-stamping(냉간 스탬핑), Compound-die(복합 금형), Structural Frame(구조용 프레임), Blank-Holder(블랭크 홀더), Cam(캠)

1. 서론

최근 구조용 프레임을 사용한 조립식 선반이나 구조물들이 많이 제작되고 있다. 이런 형태의 구조용 프레임 제작방법 중에 가장 많이 사용되고 있는 것이 굽힘이다. 굽힘은 cold-stamping 중에 가장 일반적인 것 중의 하나이며 sheet metal 또는 rolled-section 부품의 탄소성 변형 공정이다.

굽힘 성형된 제품의 정밀성과 품질에 영향을 주는 요인들을 보면 다음과 같다.

- 1) 제품의 형상과 치수
- 2) 재료의 균질성과 역학적 성질
- 3) 제품 제작에 요구되는 공정 수
- 4) 굽힘 금형 구조와 공작의 정밀성
- 5) 금형과 펀치의 틈새
- 6) 금형 내에서 blank setting 의 정밀성

본 연구에서는 제작 공정 수의 감소에 대하여 연구하였다. 굽힘은 제품의 형상이나 특성에 따라 V-die 굽힘, U 굽힘 등 여러 종류의 굽힘 방법이 존재한다. 특히 제품의 형상이 복잡한 경우 실제 현장에서는 대부분 하나의 굽힘 공정들을 여러 번 거침으로서 하나의 제품으로 생산해 내고 있다.

이런 방법은 시간과 노동력이 많이 소요됨에 따라 대량생산이나 경제적인 부분에서 단점으로 나타나고 있다. 이 단점을 극복하기 위해 복합금형(compound die)을 사용하는 경우가 있다. 하지만 복합금형은 금형제작비가 단일공정에 비해 경제적으로 불리하다. 복합금형의 제작에 있어 제작비를 고려하는 것은 중요한 설계인자이다.

본 연구에서는 조립식 선반중 복잡한 형상을 가지고 있는 옆장의 가공법에 관하여 연구하였으며, 형상이 복잡한 옆장 제작을 위한 복합금형을 구상하고 설계하여 제작시간을 단축하고자 하였다.

2. 블랭크

2.1 재료

조립식 프레임의 재료는 냉간 압연 강판이 사용되고 있다. 재료의 균질성과 역학적 성질은 제품에 영향을 주는 요인이다. 그러므로 실험을 통하여 재료의 특성을 파악하고자 인장 실험을 하였다.

시편은 표점거리 2mm, 두께 2mm, 폭 6mm, 평형부 35mm 로 Fig. 1 과 같이 제작하여 실험하였다.

3. 금형설계

3.1 기계적 구조

굽힘 방법에는 여러 가지가 있다. 그 중에 가장 기본적인 굽힘으로는 V 굽힘, 자유 굽힘, U 굽힘 등이 있다. 최근에는 여러 가지 굽힘이 가지고 있는 문제점들을 피하기 위한 굽힘법들이 나오고 있으며 여러 공정을 한번에 할 수 있는 복합금형도 경제성과 생산성에 맞추어 제작되고 있다.

본 연구에서 제작하고자 하는 제품은 조립식 프레임의 옆장으로 아주 복잡한 형상을 가지고 있다. 제품의 형상은 Fig. 3 와 같다.

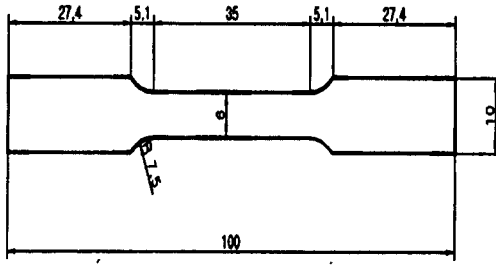


Fig. 1 Dimension of specimen

인장시험의 결과는 Table 1 과 같다.

Table 1 Results of tension test

탄성계수 (kgf/mm ²)	인장강도 (kgf/mm ²)	항복강도 (kgf/mm ²)	변형율
28732	47.7	38.3	0.00133

2.2 블랭크 형상 및 치수

공정수를 줄임으로서 발생하는 기계적 간섭을 피하기 위해 제품의 기능에 관여하지 않는 범위 내에서 기존 제품의 형상 및 치수 Fig. 2(a)를 Fig. 2(b)와 같이 변경하였다. (114mm → 110 mm)

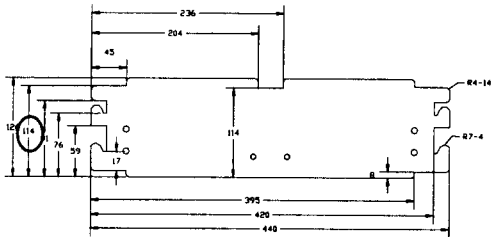


Fig. 2(a) Dimension of blank

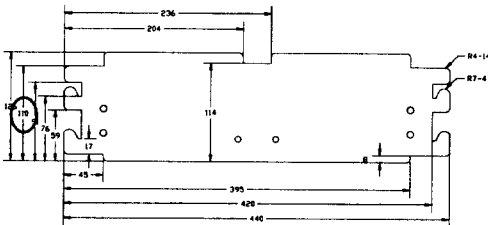


Fig. 2(b) Modified dimension of blank

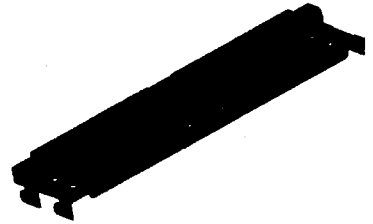


Fig. 3 Model of products.

실제 작업현장에서는 조립식 프레임의 옆장을 만들기 위해 굽힘 작업에만 일곱번의 공정이 소요되고 있어서 공정을 줄일 수 있는 기계적 구조를 구상하였다. 이러한 구조를 구상할 때의 주의할 점으로 제작상 경제적인 구조를 얼마나 가지고 있는냐를 먼저 생각해야 한다. Fig. 3 과 같은 구조는 단순히 프레스 한번의 행정으로 작동되는 구조를 가지고 있다. 즉 유압이나 다른 특수한 장비, 제작상 경제적으로 무리가 되는 구조를 피하여 구상되었다.

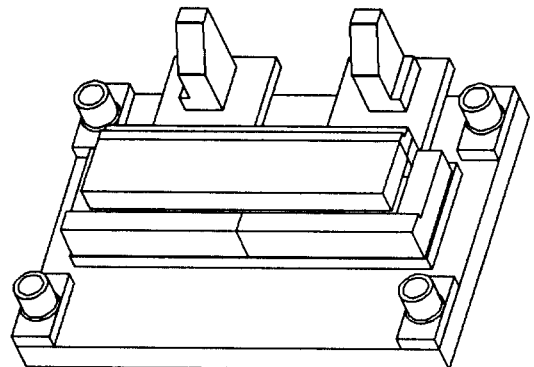


Fig. 3(a) Upper die

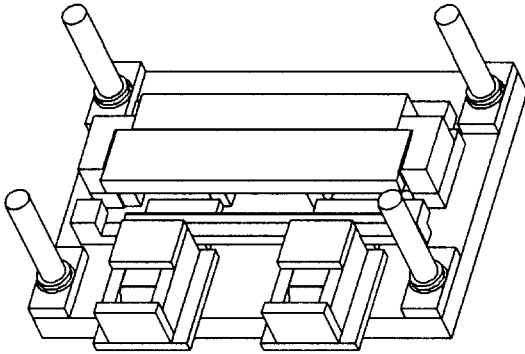


Fig. 3(b) Lower die

Fig. 3 과 같이 블랭크 홀더와 캠을 적절히 이용하여 복잡한 옆장의 굽힘을 충분히 만족 할 수 있도록 금형을 구상하였다.

3.2 클리어런스

클리어런스는 굽힘요소의 품질에 몇 가지 영향을 주며 그 양에 따라 굽힘력에 차이가 있다. 이러한 클리어런스는 블랭크의 두께와 경도 그리고 블랭크 요소의 길이에 의존한다고 알려져 있다.

클리어런스는 참고문헌⁽²⁾의 Table 를 참고하여 0.1mm 로 결정하였다.

3.3 단계적 굽힘

굽힘력은 다음 식과 같다.

$$F = k \times \frac{bg^2(1.5 + \epsilon_r)\sigma_r}{6l}$$

$$l = r_m + j$$

k : 1.3

b : 블랭크 폭

g : 블랭크 두께

σ_r : 굽힘전의 최대인장강도

r_m : 다이의 곡률반지름

j : 다이와 펀치사이의 거리

본 연구에서 만들고자 하는 옆장의 경우 Fig. 4 와 같이 초기에 모두 네 가지의 굽힘력이 발생한다.

$$F = F_1 + 2F_2 + F_3$$

굽힘이 한번에 발생한다면 굽힘력이 너무 크며 또 캠 작동에 있어서 간섭이 발생할 수 있으므로

단계적 굽힘을 가할 수 있도록 금형을 구상하였다. 따라서 초기에는 F_3 가 발생하고 다음 단계로 $F_1 + F_2$ 이 발생하도록 설계하였다.

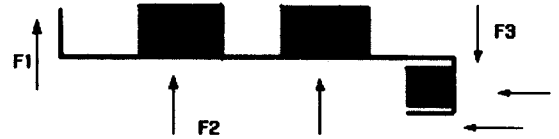


Fig. 4 Bending of frame

상부 금형내의 스프링은 DM 30×90 을 6 개를 사용하였고 하부 금형 내에는 스프링 DM 30×90 을 12 개를 사용하였다. 스프링의 물성치는 Table.2 와 같다

Table 2 Properties of spring

	자유장 (mm)	정수 (kgf/mm)	변형량 (mm)	하중 (kgf)
DM 30×90	90	6.25	25.9	161

Table 2 의 내용은 50 만회를 기준으로 한 것이다. 이를 기준으로 총변형량에 대한 변형비율을 계산해 보면, 총변형량에 대한 상부와 하부 변형비율은 각 개수 비율과 반대이다. 즉 2:1 이다. 이렇게 변형비율을 발생하게 함으로서 단계적인 굽힘을 유도할 수 있다.

마지막으로 캠의 위치는 기계적 간섭을 받지 않는 곳에 위치하여야 하기 때문에 블랭크의 암 길이 보다 멀리, 그리고 최대 변형량(punch stroke) 이내에 위치해야 한다.

$$arm < h \leq stroke \quad (h = \text{캠위치})$$

3.4 금형 및 제품

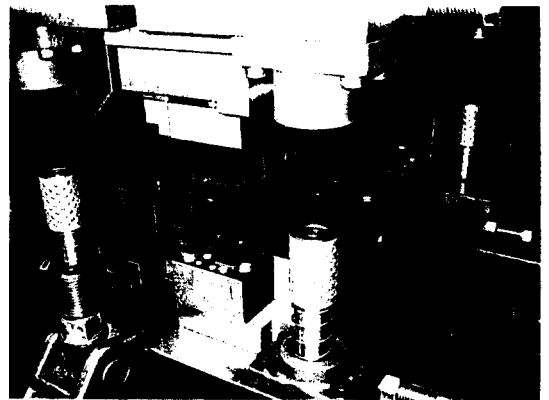


Fig. 5 Compound die

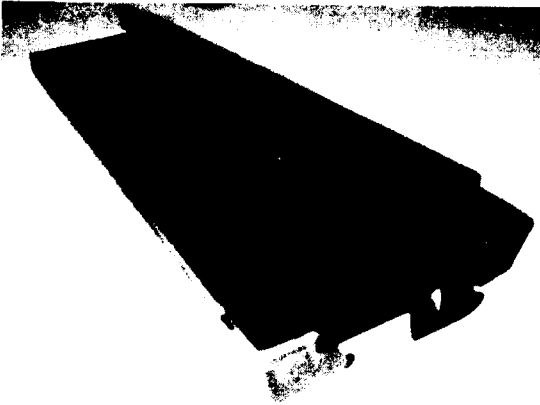


Fig. 6 product

4. 결론

블랭크의 형상 및 치수를 기계적 간섭을 일으키지 않고 제품 본래의 기능에 영향을 주지 않는 범위 내에서 수정을 했으며, 굽힘부분의 블랭크와 펀치 사이의 클리어런스는 0.1mm 로 결정하였다. 그리고 단계적 굽힘을 위해 상부와 하부에 스프링을 적용하여 간섭이 발생되지 않도록 캠의 위치를 결정하였다.

프레임 제조를 위해 필요한 7 번의 굽힘 작업을 복합 금형에 의해 1 번의 굽힘 작업으로 가능하게 함으로서 생산성을 개선하였다.

참고문헌

1. Lange K., "Handbook of Metal Forming," Part three , pp. 18.1, 1985.
2. Constantin iliescu, "Cold-Pressing Technology," Studies in Mechanical Engineering, Vol. 9, pp. 191 - 255, 1990
3. Ken-ichi Kawai, "Benchmark Test on Plane Strain Bending and Ring Comoreession -Benchmark Test on Plastic Deformation Problems IV-," Journal of the JSTP, Vol. 32, no. 369, pp. 1212 - 1218, 1991-10
4. Noritoshi Iwata, Massao Matsui and Manabu Gotoh, "An Elastic-Plastic Analysis of Square-Cup Drawing Process -Finite Element Simulation of Deformation and Breakage in Sheet Metal Forming-II -, " Journal of the JSTP, Vol. 33, no 381, pp. 1202-1207, 1992-10