

형제 절단기 개발에 관한 연구

박귀선*, 이춘만**

A Study on Development of Channel Cutting Machine

Kui-sun Park*, Choon-man Lee**

Abstract

The major objective of the present paper is to develop a channel cutting machine and to establish an analytical technique for actual shearing process. Isothermal finite element(FE)-simulation of the shearing process are carried out using FE software DEFORM. The element-kill method has enabled the achievement of FE-simulation from the initial stage to the final stage of the shearing process. The effects of the punch-die clearance on the shearing process are investigated.

Key Words : 유효응력(Effective stress), 전단(Shearing), 간극(Clearance)

1. 서론

1.1 개요

소성가공은 원하는 기계부품을 형상에 제한없이 자유롭게 얻을 수 있다는 장점이 있다. 거기에다 압축유효응력(Effective stress)이 발생하는 상황이라면 재료는 더욱더 치밀하게 되어 좋은 기계적 성질을 나타내게 된다. 특히 소성가공중 전단(Shearing)가공은 원하는 모양, 크기, 마무리를 매우 쉽게 얻을 수 있기 때문에 매우 경제적이다. 최근 몇 년 동안 기계산업에서 전단가공의 이점에 대한 인식이 증가해 왔고, 소규모 경량부품의 제조에 이 가공이 널리 퍼지고 있다.

전단작업에서는 펀치(Punch)와 다이(Die)의 모양은 다양하여, 원형이거나, 가위처럼 직선날인 경우도 있다. 전단작업에서는 주요한 공정변수는 펀치하중 P, 펀치속도, 윤활, 표면상태 및 펀치나 다이재료, 곡률 반경, 펀치와 다이사이의 간극(Clearance) 등이다.

Fig. 1에서는 펀치와 다이면은 편평하다. 따라서 전체두께가 한꺼번에 전단되므로 전단층의 펀치하중은 매우 크게 된다. 전단면적은 펀치와 다이면을 경사지게 함으로써 언제든 조절될 수 있다.

그리고 절단기의 칼날형상에 따라 가공저항, 전단면의 품질에 영향을 끼친다. 간극은 전단면의 형상과 양호성을 결정하는 중요한 인자이다. 왜냐하면, 간극이 크면 전단면은 거칠어지고 변형영역이

커진다. 실제로 간극이 너무 크면 전단변형이 일어나는 대신 금속판재는 휘면서 인장유효응력을 받게 된다. 그래서 가공품의 품질에 중요한 요소인 간극에 대해서 살펴보겠다.

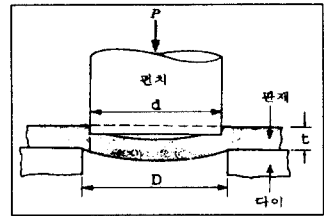


Fig. 1 Punch and die

간극이란 재료 두께에 대한 공구와 다이 사이의 간격의 비이다. 여기서는 퍼센트(Percent) 단위로 나타내었는데 두께의 몇 퍼센트인가를 간극이라 정의하였다. 그리고 간극을 구하는 식은 (1)이다.

$$c = \frac{D-d}{2t} \times 100 \quad (1)$$

여기서, D는 다이의 직경(mm), d는 펀치의 직경(mm), t는 가공소재의 두께(mm), c는 간극(%)을 가리킨다.

전단작업을 완료하는데 필요한 펀치행정(Stroke)은 재료가 완전 파단 될 때까지 겪는 최대전단변형률에 따라 결정된다. 따라서 취성재료나 냉간가공도가 높은 재료는 완전 전단될 때까지 펀치행정이 작아도 된다. 판재가 전단된 후의 성형성은 전단면의 질에 큰 영

* 창원대학교 기계설계공학과 대학원

** 창원대학교 기계설계공학과

향을 받으므로, 전단시 간극의 조절이 중요하다. 실제 작업에서의 간극은 판재두께의 2~8%정도인 것이 보통이며, 판재가 두꺼울수록 간극은 커야한다. 그러나 간극이 좁을수록 전단면의 질은 양호하다. 전단면이 거칠 때는 셰이빙(Shaving)이라는 작업을 통하여 여분의 재료를 잘라내어야 한다.

1.2 전단형식에서의 Die set에 의한 분류

Channel cutting machine에서 가장 중요한 부분은 Die set이다.

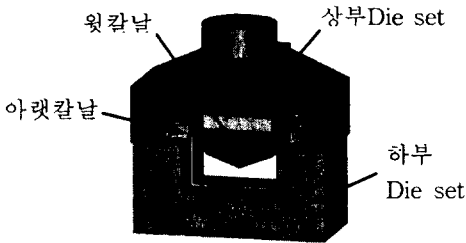


Fig. 2 Structure of die set

Die set의 구조는 Fig. 2와 같은 구조로 되어 있는데, 윗날과 아랫날, 상부 Die set와 하부 Die set로 구성된다. 윗날은 칼날이 한개로 유압 램(Ram)에 고정되어 있고, 아랫날은 칼날이 두개가 한 세트(Set)로 하부 Die set에 고정되어 있는데, 윗날이 하강하여 재료를 전단하게 된다.

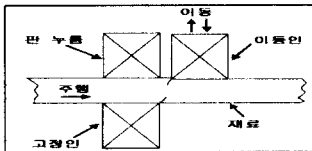


Fig. 3(a) Schematic view of single cut

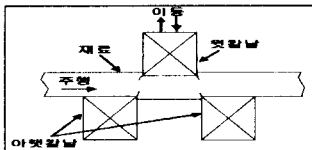


Fig. 3(b) Schematic view of double cut

전단형식은 일반적으로 Single cut과 Double cut 방식으로 나눌 수 있다. Single cut 방식이란 Fig. 3(a)에서 보는바와 같다. 그 특징은 비교적 경량의 재료를 절단하는 데에 사용된다. 그리고 단힌 형에는 적용할 수가 없다. 여기서, 단힌 형이란 재료의

단면이 단혀진 것을 말한다. 그리고 잘날 두께는 비교적 두꺼운 양상이고, 주행하는 재료로부터 측압에 대처하는 능력이 강하며, C·C·Z·V 등 형재 절단에 많이 사용된다. 다음으로 Double cut이 있다. 그것은 Fig. 3(b)에서 보는바와 같다. 이것의 특징은 재료를 아래 두 칼날로 지지하고 상하칼날로 2면을 절단하는 방식이다.

이것은 비교적 중량물의 절단에 사용될 수 있다. 항상 Scrap이 발생한다는 단점이 있으나, Closed section인 Pipe의 절단에도 사용 가능하다. 그리고 윗칼날은 절단하중, 측압에 견디는 최소의 칼날두께로 하여야 한다

1.3 연구목적

산업용 설비나 생산용 기계에 여러 가지 형재(Channel)가 다양으로 이용되고 있다. 여러 종류의 형재를 절단하는 데는 일반적으로 Band Sawing Machine 등의 기계들이 사용되고 있으나, 낮은 생산성으로 인해 제조원가 상승의 요인이 되는 문제점을 안고 있다. 이 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 형재 절단공정의 생산성을 획기적으로 향상시킬 수 있는 유압을 이용한 Channel Cutting Machine을 개발하는데 연구 목표가 있다.

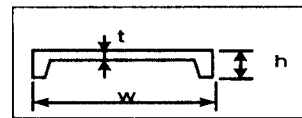


Fig. 4 Channel dimension

절단 대상 형재는 Fig. 4에서처럼 $w=200\text{mm}$, $t=7.5\text{mm}$, $h=80\text{mm}$ 와 $w=300\text{mm}$, $t=9\text{mm}$, $h=90\text{mm}$ 의 2종류이다.

2. 결과 및 토론

2.1 유한요소해석

앞에서 살펴 본 것과 같이 판재의 간극은 재료의 품질에 큰 영향을 끼친다. 그래서, 본 연구에서는 상용소프트웨어인 DEFORM을 이용하여 유한요소법에 의한 모의실험을 함으로써 실제 현장에서 발생할 수 있는 인적, 물적, 시간적 낭비를 줄이고 가장 적당한 판재 전단가공환경을 찾고자 하였다. 해석편의를 위하여 대상을 2차원으로 해석하였다. 그리고 해석대상이 되는 판재의 재질은 AISI 4013이다. 간극을 7%, 8%, 9%, 10%로 변화시켜 가면서 해석한 결과를 유효응력분포 차이에 대해서 살펴보았고, 다

음으로 간극 7%에 대해 계산된 결과를 행정의 순서에 따라 유효응력분포의 변화, 유효변형률의 변화, 행정시 저항하중값의 변화, 각 질점의 움직이는 속도분포 등을 통해 행정에 따라 어떤 차이점이 있는지 알아보았다.

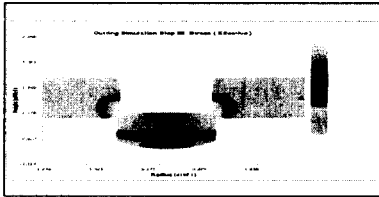


Fig. 5 Effective stress distribution for 7% clearance

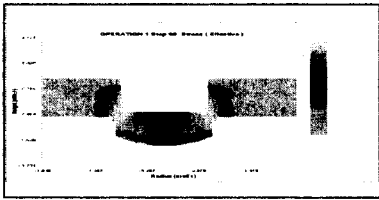


Fig. 6 Effective stress distribution for 8% clearance

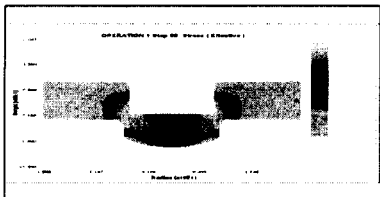


Fig. 7 Effective stress distribution for 9% clearance

Fig. 5는 간극 7%일 때의 유효응력분포를 나타낸다. Fig. 6은 간극 8%이때의 유효응력분포를 나타낸다. 점점 전단면은 안쪽으로 좁고 응력분포가 넓어짐을 알 수 있다. Fig. 7과 Fig. 8은 각각 간극 9%와 10%를 나타낸다. 이로써 우리가 알 수 있는 것은 그림에서 살펴 본 것과 같이 간극이 증가할수록 전단면이 안으로 좁는 것을 발견할 수가 있다. 이로써 양호성이 좋지 못한 가공면을 얻게 되며, 이후의 마무리 가공 즉 세이빙을 해야 하는 부분이 늘어나게 된다. 그리고 전단면에서는 전단저항이 제일 크므로 유효응력을 제일 많이 받고, 그 부분을 중심으로 간극이 증가할수록 높은 유효응력을 받는 면적이 증

가함을 알 수 있다. 그럼으로 인해 가공이후에 잔류 유효응력이 남아서 마찬가지로 세이빙가공을 해야 하는 범위가 늘어나게 된다.

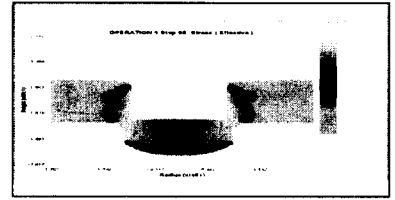


Fig. 8 Effective stress distribution for 10% clearance

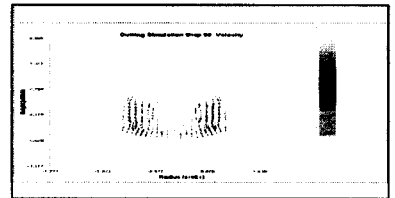


Fig. 9 Velocity distribution for 7% clearance

Fig. 9에서는 간극이 7%일 때의 속도분포의 변화를 보여준다. 가운데 부분의 속도가 가장 빠르다. 그 이유는 떨어져 나가는 부분인 가장자리 부분은 전단면에서의 인장력으로 인해 잡아당겨지는 효과로 속도가 낮아지는 것이 아닌가 생각된다.

2.2 절단하중 계산

절단하중의 계산은 최대절단하중과 최대절단면적 변화량의 비 및 재료두께를 고려한 다음의 실험식 [3]을 이용하였다.

$$p_k = k\sigma_{yt}^n \Delta S_k \quad (2)$$

여기서, $k=2.0$, $n=0.6$, σ_Y : 항복점응력

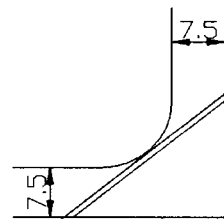


Fig. 10 Calculation of area

Fig. 10에 도시된 것과 같이 형재의 양모서리 부분

에서 최대 면적변화를 구한다. 그리고 $P_k/\Delta S_k$ 와 재료두께의 관계[3]에서 7.5t일때 $P_k/\Delta S_k$ 를 도출하면 240 kg/mm이다. 여기서 최대하중을 구하면 다음과 같다.

$P_k = 240(Kg/mm^2) \times 43.8266(mm^2) = 10,518Kg$
 위에서 구한 최대하중을 동력으로 환산하면 0.824kW가 된다.

2.3 설계

위와 같은 자료조사와 이론해석결과에 따라 Fig. 3에서와 같이 1차로 Channel cutting machine을 설계하였다. V형 윗칼날의 칼날각도를 50°로 하여 설계를 했고, Double V형 윗칼날의 칼날 각도를 25°, 55°로 하여 설계하였다.

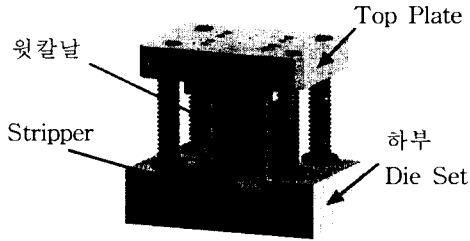


Fig. 11 The model of second design

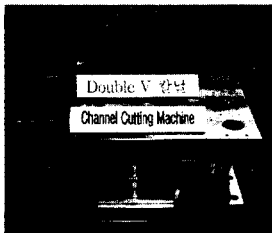


Fig. 12 Channel Cutting Machine

Fig. 11은 2차로 설계한 Channel Cutting Machine의 전체 조립도이다. 1차 설계와는 달리 2차 설계에서는 재료절단시 재료의 휨, 유동을 억제하여 칼날의 파손을 방지하기 위하여 Stripper를 장착시켰다. 이 Stripper는 Top plate에 고정되어 있는데, 유압장치가 Top plate에 하중을 가하면 윗칼날과 같이 내려오면서 재료가 움직이지 못하도록 설계를 한 것이다. 2차 설계의 윗칼날도 1차 설계와 같이 Double V형으로서 25°, 55°의 각도로 설계를 하였다.

Fig. 12는 개발하여 제작한 Channel Cutting

Machine의 실물을 나타낸 것이다.

3. 결론

산업용 설비나 생산용 기계에 이용되고 있는 여러 종류의 형재 절단시 Band Sawing Machine등의 기계톱이 사용으로 인한 낮은 생산성으로 때문에 제조원가 상승의 요인이 되는 문제점을 안고 있다. 이 문제점을 해결하기 위하여 본 과제에서 형강재 절단공정의 생산성을 획기적으로 향상시킬수 있는 유압을 이용한 Channel Cutting Machine 개발에 관하여 연구를 하였다. 본 연구는 2장에서 설명한 전단 가공 방식중에서 Double Cut방식을 채택하였고, 소성변형 해석 전용 소프트웨어인 DEFORM을 이용한 2차원 해석과 참고자료를 바탕으로 한 Channel Cutting Machine의 개발과정을 구체적으로 기술하였다.

본 연구에서 개발한 Channel Cutting Machine을 이용하여 생산업체에서 ㄷ형 형재를 절단하면 기존에 40분정도 소요된 절단시간을 20초 내외로 줄일수 있다. 이러한 절단시간의 절약으로 형재 절단공정의 생산성을 획기적으로 향상시킬수 있으며, 제조원가 절감에 기여할수 있다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 지정 창원대학교 공작기계기술연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Dae-Cheol Ko, Byung-Min Kim, Jae-Chan Choi, "Finite-element simulation of the shear process using the element-kill method." 20, June, 1996.
2. 中川威雄, "管材의 프레스せん断", 塑性の加工 Vol. 23, No. 255, 1982.
3. 山本邦充・赤堀明夫・宮田勉, "形材およびパイプ材料の走行シャリング", 塑性の加工 Vol. 20, No. 219, 1979.
4. Masao MURAKAWA and Yan LU, "Burr-Free Shearing by Means of Rolling Cut Shear - Study on Precision Shearing of Sheet II", April 7, 1994.
5. 김 동우 "기계공작법," 청문각, 1992.