

가상 트라이 아웃 방법을 이용한 최적 블랭크 설계

고대림*, 정동원#

Optimal Blank Design using Virtual Try-Out Method

Dae-Lim Ko*, Dong-Won Jung#

ABSTRACT

Sheet metal forming has some merits that are less loss of materials in process, less time-consuming and it makes mass product possible. The product produced by sheet metal forming process has high strength compared to the weight and better surface characteristics. Therefore, sheet metal forming process is a lot used in automobiles, aircrafts, electronics and appliances.

This paper made the process design for forming Bracket Front Back Frame Lower, determined the blank shape and size using PAM-STAMP, commercial software and evaluated formability. It has been proved that the optimal blank through the result forming analysis has advantage in terms of formability and spring back compared to the rectangular blank.

Key Words : Virtual Try-Out(가상 트라이 아웃), Forming Limit Diagram(성형한계도), Drawing Analysis(성형 해석), Optimal Blank Design(최적 블랭크 설계)

1. 서 론

박판성형에서 성형에 영향을 미치는 인자들을 살펴보면 블랭크의 형상 및 재질, 블랭크 홀딩력, 제품의 형상과 마찰 및 온도 등을 고려한 성형조건 등을 들 수 있다. 이와 같은 성형인자들은 제품의 성형중에 상호작용으로 인해 복잡적으로 나타난다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 금형기술자의 직관에 의존하는 방법을 산업체에서 많이 이용하고 있다.

최근에는 이와 같은 문제점들을 성형해석을 통해 성형성의 판단과 주름 및 넥킹(necking) 그리고 파단

등에 대한 문제들을 해결하고, 성형해석을 근거로 공법의 설계 등에 널리 이용하고 있다.

이와 같은 성형인자 중에서 최적의 블랭크 설계는 성형중에 성형성을 향상시키고 성형공정의 마지막 단계에서 행하는 트리밍 등의 복잡한 과정을 제거할 수 있는 장점이 있어 많은 연구가 진행되어 왔다. 이와 관련된 연구를 살펴보면 작도법에 의한 소성해법인 미끄럼 선장법(slip line method)를 이용하여 초기 블랭크의 크기를 예측방법이 초기에 많이 연구되었으며^[1-5], 성형 전과 성형 후 그리드(grid) 면적의 일치 조건을 이용하여 변형된 형상에서 평면으로 면적을 일정하게 유지시키며 투영하는 기하학적 사상법(geometrical mapping method)을 적용한 연구를 들 수 있다^{[6],[7]}. 또한 최근에는 유한요소 해석에서 민감도법

* 울산대학교 대학원 기계자동차공학부

교신저자 : 제주대학교 기계에너지시스템공학부

E-mail : angel@heaven.ac.kr

이나 역해석법 등을 이용한 최적 블랭크 형상에 관한 연구가 많이 진행되고 있다¹⁸⁻¹⁹⁾.

본 연구는 성형해석 상용 CAE 소프트웨어인 Pam-Stamp를 이용하여 자동차 시트 부품인 Bracket Front Back Frame Lower의 최적 성형조건을 찾기 위해 가상 트라이 아웃 방식을 이용하여 최적의 블랭크를 설계하고 이를 바탕으로 실제 성형에 적용하고자 한다. 가상 트라이 아웃이란 성형시 발생하는 문제점들을 실제 성형에서 트라이 아웃으로 개선하는 방법과 동일하게 성형해석 결과를 바탕으로 트라이 아웃 방법을 적용하여 문제를 해결하는 것을 말한다.

2. 유한요소 모델링

본 연구에 사용된 Bracket Front Back Frame Lower는 피어싱(piercing) 부분을 제외하면 좌우 대칭인 형상이므로 제품의 1/2을 모델링하였다.

성형해석에 사용된 재료는 블랭크를 탄·소성체로 선택하고 다이, 펀치 및 블랭크 홀더는 강체(Rigid body)로 선택하였다. 재료의 소성거동은 Krupkowsky law을 사용하였다.

$$\bar{\sigma} = K(\epsilon_0 + \bar{\epsilon}_p)^n$$

여기서 $\bar{\sigma}$ 는 유효응력, K 는 강도계수, ϵ_0 는 전변형률, $\bar{\epsilon}_p$ 는 유효 소성변형률, n 은 가공경화지수이다.

성형해석에서 소요시간을 단축하기 위해 적응 세분화 요소를 적용하였으며 프레스는 싱글 액션 타입(single action type)을 적용하였다.

성형해석에서 다이, 펀치, 블랭크 홀더 및 블랭크의 마찰계수는 무윤활 상태에서 성형을 고려하여 0.12를 사용하였다.

본 연구에 사용된 재료는 일반적으로 자동차 부품의 성형에 많이 사용되는 SPCC 강판을 이용하였으며 판재의 두께는 1.2mm이고 기계적 물성치는 아래 Table 1과 같다.

Table 1 Mechanical properties used for models (SPCC, t=1.2)

material type	E (GPa)	ϵ_0	K (GPa)	n
elastic · plastic anisotropy	206	0.238	0.645	0.238

3. 결과 및 고찰

일반적으로 프레스 성형에서 초기 블랭크는 통상 사각 형상으로 결정하고 성형 후 트리밍을 통해 최종 형상을 결정한다. 일반적으로 초기 사각 블랭크의 결정은 체적불변을 이용하여 결정한다.

Bracket Front Back Frame Lower의 경우 형상이 복잡하여 일반적인 사각 블랭크로 성형 할 경우 최종 트리밍 과정에서 CAM을 사용하여야 한다. Fig. 1은 Bracket Front Back Frame Lower의 최종 형상이다.

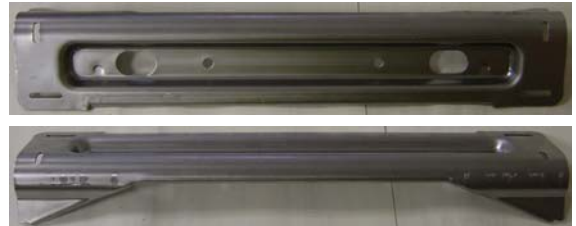


Fig. 1 Shape of final product

그러나 CAM을 사용 할 경우 작업이 복잡하며 시간이 과도하게 소모되고, 성형성도 떨어지게 됨으로 이를 피하기 위해 최적의 블랭크 형상을 결정하여 사용하면 유리하다.

초기 사각 블랭크는 체적불변을 적용하여 결정하였으며 사각 블랭크의 형상은 Fig. 2 (a)와 같다.

사각블랭크를 이용하여 성형해석을 수행한 결과는 Fig. 2와 같은 결과를 얻었다. Bracket Front Back Frame Lower의 경우 성형 깊이가 깊지 않으므로 성형상태는 매우 양호하게 나왔다.

Fig. 2 (b)는 성형해석 결과에서 성형 한계도를 나타낸 것으로 파단선 아래에 위치함으로 사각 블랭크를 사용하여도 성형에는 문제가 없으므로 블랭크 홀

eld력 등은 적당하다고 판단된다.

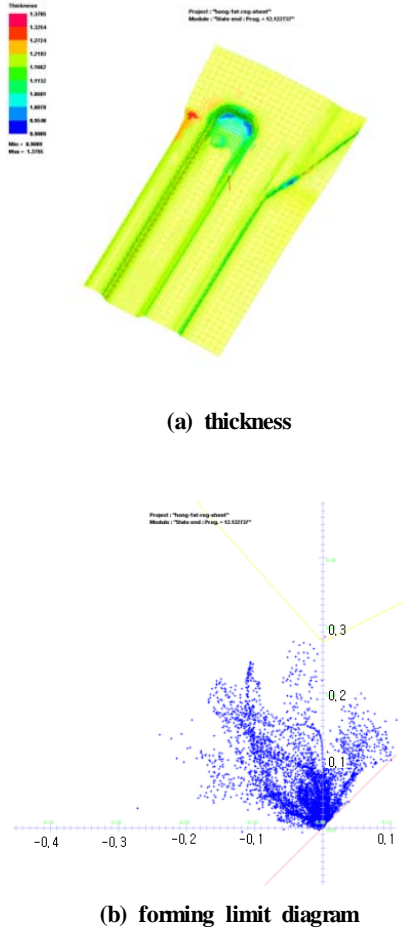


Fig. 2 Results of FEM(rectangular blank)

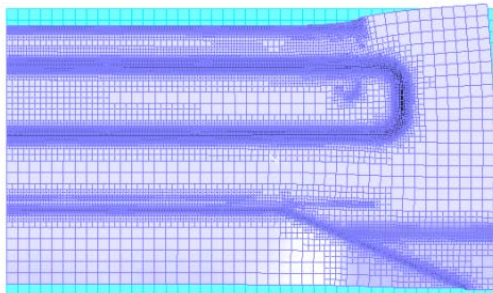


Fig. 3 Blank shape before and after drawing

Fig. 3은 사각 블랭크의 성형 전, 후의 형상을 비교한 그림으로 제품의 가로 길이가 세로 길이보다 크므로 제품의 중앙부에서는 코너부의 영향이 미미한 상태로 순수 굽힘과 비슷한 거동을 보이며 우측 코너부에서는 사각 컵형의 성형과 유사한 거동을 보인다.

Fig. 4는 드로잉 공정후의 제품형상과 사각 블랭크를 이용하여 성형해석한 결과를 비교한 것이다.

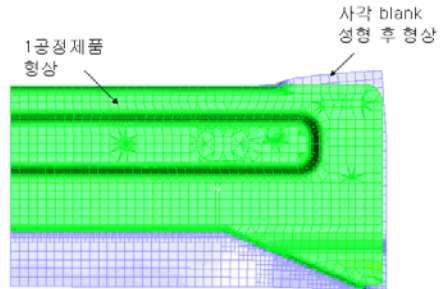
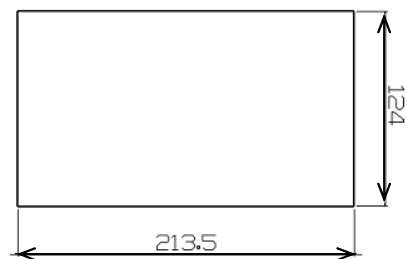


Fig. 4 Comparison of the result of drawing analysis and the shape of drawing process

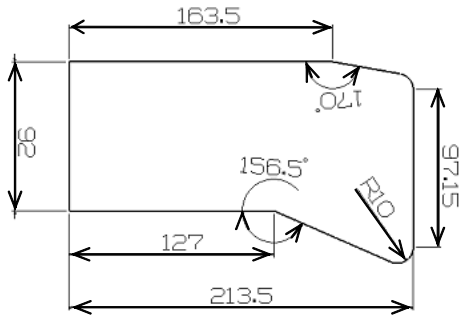
Fig. 3과 Fig. 4에서 살펴보면 성형해석 결과와 드로잉 단계에서 제품형상을 겹치게 하면 제품형상의 가장자리(edge)부의 바깥쪽은 성형 전, 후에 두께 변화가 없는 부분으로 이 부분을 사각 블랭크에 반영하여 Fig. 23 (b)와 같이 블랭크를 설계하였다.

위와 같은 방법으로 블랭크의 형상을 결정하기 위해 세 번의 성형해석을 수행하여 아래 Fig. 5 (c)와 같은 블랭크의 최종 형상을 결정하였다.

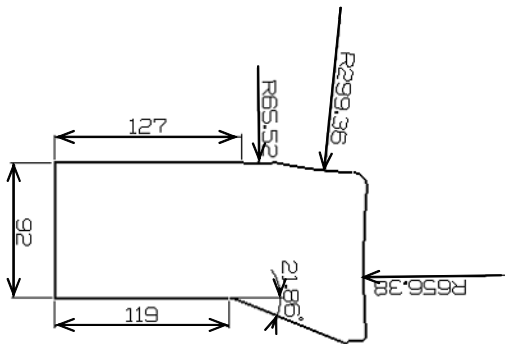
일반적으로 성형에서 나타나는 rigid 부분을 코너컷으로 제거하면 재료의 유입이 원활하여 성형성 향상에 도움이 되는 것으로 알려져 있다.



(a) rectangular blank



(b) modification of blank(1st)



(c) modification of blank(final)



(d) blank sheet

Fig. 5 Shape of blank

다음 Fig. 6은 최종 결정된 블랭크를 바탕으로 성형해석을 수행하여 얻은 결과와 드로잉 공정에서 형상을 비교한 그림이다.

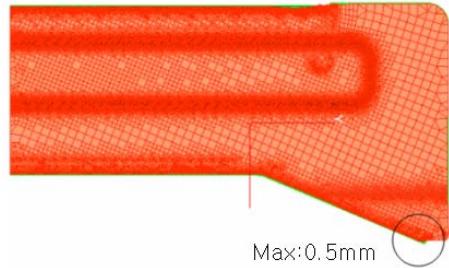


Fig. 6 Comparison of the shape of final blank and the result of drawing analysis

위의 결과에서 제품의 우측 하단부에서 성형품이 제품 도면 보다 0.5mm 크게 나타남을 알 수 있었고, 이는 일반적인 프레스 금형 제품의 공차를 만족함을 알 수 있었다. Fig. 7은 최적의 블랭크에 의해 포밍(forming)공정에서 성형된 제품이다.



Fig. 7 Shape of Product(drawing Process)

Fig. 8은 가상 트라이 아웃방법을 이용하여 결정된 최적블랭크에서의 두께 분포를 나타낸 것이다. 실제 제품과 성형해석 결과 두께의 차이는 거의 없으므로 나타났다. 따라서 가상 트라이 아웃에 의해 결정된 최적 블랭크는 타당하다는 결론을 얻을 수 있었다.

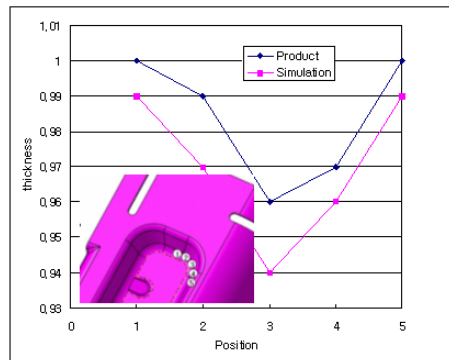


Fig. 8 Comparison of thickness

4. 결 론

본 논문에서는 자동차 시트 부품중의 하나인 Bracket Front Back Frame Lower의 성형을 위해 공정 설계를 하고 판재 성형해석 상용소프트웨어인 PAM-STAMP를 이용하여 최적의 블랭크 형상 및 크기를 결정하고 성형성을 평가하였다.

그 결과 가상 트라이 아웃방법으로 최적의 블랭크 설계가 가능함을 알 수 있었다. 이와 같은 가상 트라이 아웃 방법은 설계자의 능력에 따라 최적 블랭크의 결정에 많은 영향을 미친다. 그러나 산업체에서는 프레스 금형에 대한 지식이 많으므로 가상 트라이 아웃 방법도 새로운 대안이 될 것으로 판단된다.

참고문헌

- H. Gloeckl and K. Lange, "Computer aided design of blanks for deep drawn irregular shaped components", Proc. 11th NAMRC, pp. 243-251, 1983.
- J. H. Vogel and D. Lee, "An analytical method for deep drawing process design", Int. J. Mech. Sci., Vol. 32, No. 11, pp. 891-907, 1990.
- X. Chen and R. Sowerby, "The development of ideal blank shapes by the method of plane stress characteristics", Int. J. Mech. Sci., Vol. 2, pp. 159-166, 1992.
- X. Chen and R. Sowerby, "Blank development and the prediction of earing in cup drawing", Int. J. Mech. Sci., Vol. 8, No. 5, pp. 509-516, 1996.
- T. Kuwabara and W. H. Si, "PC-based blank design system for deep- drawing irregularly shaped prismatic shells with arbitrarily shaped flange", J. Mater. Proc. Tech., Vol. 63, pp. 89-94, 1997.
- R. Sowerby, J. L. Duncan and E. Chu, "The modeling of sheet metal stamping", Int. J. Mech. Sci., Vol. 28, No. 7, pp. 415-430, 1986.
- G. N. Blount and B. V. Fischer, "Computerized blank shape prediction for sheet metal components having doubly-curved surfaces", Int. J. Prod. Res. Vol. 33, No. 4, pp. 993-1005, 1995.
- C. H. Toh and S. Kobayashi, "Deformation analysis and blank design in square cup drawing", Int. J. Mech. Sci., Vol. 25, No. 1, pp.15-32, 1985.
- N. S. Kim and S. Kobayashi, "Blank design in rectangular cup drawing by an approximate method", Int. J. Mach. Tool Des. Res., Vol.2 6, No. 2, pp. 125-135, 1986.
- Y. Q. Guo, J. L. Batoz, J. M. Detraux and P. Duroux, "Finite element procedures for strain estimations of sheet metal forming parts", Int. J. Num. Meth. Eng., Vol. 30, pp. 1385-1401, 1990.
- H. Iseki and R. Sowerby, "Determination of the optimal blank shape when deep drawing nonaxisymmetric cups using a finite element method", JSME International, Vol. 38, No. 4, pp. 473-479, 1995.
- O. Barlat, J. L. Batoz, Y. Q. Guo, F. Mercier, H. Naceur and C. Knopf-Lenoir, "Optimum blank design of blank contours using the inverse approach and a mathematical programming technique", Proc. NUMISHEET96, pp. 178-185, 1996.
- C. H. Lee and H. Huh, "Blank design and strain prediction of automobile stamping parts by an inverse finite element approach", J. Mater. Proc. Tech., Vol. 63, pp. 645-650, 1997.
- Z. Zhaotao and L. Bingwen, "Determination of blank shapes for drawing irregular cups using an electrical analogue method", Int. J. Mech. Sci., Vol. 28, No. 8, pp. 499-503, 1986.
- L. Xueshan and L. Bingwen, "Modelling of flange deformation of irregular drawn cups using a fluid analogy", Int. J. Mech. Sci., Vol. 28, No. 8, pp. 491-497, 1986.
- J. Y. Kim, N. S. Kim and M. S. Huh, "Optimum blank design of automobile sub-frame", Korean Society for Technology of Plasticity Spring Annual Meeting, pp. 185~195, 1998
- D. H. Kim, J. M. Lee, S. H. Park, D. Y. Yang and Y. H. Kim, "Blank design system for sheet forming", J. Korean Society for Tech. Plasticity,

Vol. 6, No. 5, pp. 400-407, 1997.

18. H. B. Shim and K. C. Son, "Optimal blank design for the drawings of arbitrary shapes by the sensitivity method", MED-Vol. 11, Proceedings of the ASME, Manufacturing in Engineering Division, ASME 2000 (Orlando, Florida), pp. 487-493, 2000.
19. H. B. Shim, K. C. Son and K. H. Kim, "Optimal blank shape design by sensitivity method", J. Mater. Proc. Tech., Vol. 104, pp. 191-199, 2000.