

No-Bridge Blank의 공정 해석 및 성형 공정 개선에 관한 연구

이용운* · 조규종**

A Study on the Analysis and Improvement of Forming Process of a No-Bridge Blank

Y. W. Lee and K. Z. Cho

Abstract

Deep drawing process, one of sheet metal forming methods, is used widely. Circular or square shape blanks are currently studied mainly. Especially, circular blank for coating case of chip condenser remains bridges when it is made out of aluminum coil. The bridge reduces Material-withdrawal-rate of aluminum coil to 60%. This paper proposes a no-bridge blank instead of circular blank. To get the different values of two cases, comparison circular blank with no-bridge blank is accomplished in the point of thickness strain in the vicinity of flange. In order to find optimal condition in new proposed blank, several process variables - those are blank holder shape, die shape radii, punch shape radii and blank holding force - are changed.

Key Words : Deep Drawing, No-Bridge Blank, Punch Shape Radii, Die Shape Radii,
Blank Holding Force, Blank Holder Shape

1. 서 론

판재 성형되고 있는 많은 제품들이 디프 드로잉 성형 공정에 의해 널리 생산되고 있다. 제품의 용도, 상품 디자인의 모양새 그리고 장착 공간의 제약으로 인하여 원통형 또는 사각형 형상의 제품이 주종을 이루고 있으며, 현재까지 이에 대한 연구는 많이 이루어졌다.^(1~2,6~8) 특히 칩콘덴서용 코팅 케이스용 원형 Blank를 얻기 위해서는 알루미늄 Coil을 원형으로 타발하여 Blank를 생산하였으나 이는 필연적으로 Bridge를 유발시킨다. 현장의

경험에 의하면 Bridge로 인하여 재료 회수율이 60% 밖에 이르지 않고 있는 실정이다.

본 논문에서는 재료 회수율을 최대로 올릴 수 있는 방안으로써 Bridge가 생성되는 공정대신 No-Bridge 타발 금형을 이용한 No-Bridge Blank를 제안하였다. 이를 기존 원형 Blank 공정과 플랜지의 두께 변형률에 주안점을 두어 비교하였다. 또한 No-Bridge Blank의 공정 해석을 통하여 성형 공정을 개선하기 위하여 최적 디프 드로잉 제품을 만들기 위한 공정 변수인 펀치 및 다이의 형상 반경, 블랭크 홀딩력 그리고 블랭크 홀더의 형상의

* 전남대학교 대학원 기계공학과

** 전남대학교 자동차 공학부

변경을 통해 최적의 조건을 찾아내었다.

수치 해석에는 박판 성형 전용 강소성 유한 요소법 코드⁽³⁾로 되어있는 Z-STAMP 프로그램(explicit method)을 이용하였다.

2. 원형 Blank와 No-Bridge Blank 비교

2.1 No-Bridge Blank의 생성

일반적인 다열 블랭킹 금형에 의한 블랭킹 배열에 의하면 알루미늄 Coil의 세로 길이 100mm, 가로 길이 100mm 당 88.02개의 지름이 10.16mm원형 블랭크를 얻을 수 있다. Fig. 1에 전형적인 Bridge 블랭킹 금형을 나타내었다. No-Bridge 블랭크의 생성을 위해서는 Fig. 2와 같은 삼각 Scraper로 먼저 타발한 후 블랭크 홀더가 각각의 블랭크를 절단하는 역할을 하게 되는 No-Bridge 블랭킹은 Fig. 3과 같다. No-Bridge 블랭킹에 의하면 동일 알루미늄 Coil에서 90.62개의 지름이 10.16mm에 덧살붙이가 여섯 개가 있는 Fig. 4와 같은 No-Bridge 블랭크를 얻을 수 있다.

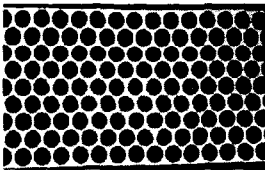


Fig. 1 Bridge blanking

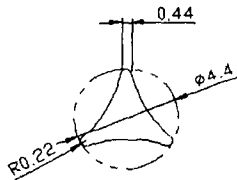


Fig. 2 Triangular scraper shape

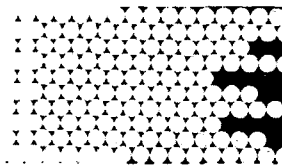


Fig. 3 No-Bridge blanking

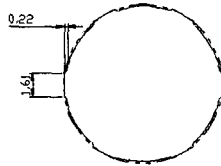


Fig. 4 No-Bridge blank

2.2 Blank 성형 실험 및 비교

실험 장치는 60ton single crank press에 의하였으며, 성형 초기에 금형과 블랭크의 배치는 Fig. 5와 같다. 기존의 현장에서 직접 쓰이는 금형이다.

2.2.1 공정 해석 조건

블랭크의 물성치는 Al 1100을 사용하였으며 블랭크를 강소성체로 하여 변형률과 응력의 관계 적용하였다. 블랭크와 툴의 마찰은 콜롱마찰계수를 적용하였다. 블랭크의 물성치와 툴과의 마찰값은 Table. 1과 같다.⁽⁴⁾ 마찰값은 불변하다는 가정을 하였다. 따라서 펀치 형상반경 부분이 다이공을 통과할 때 발생하는 고열의 효과를 무시하였다.

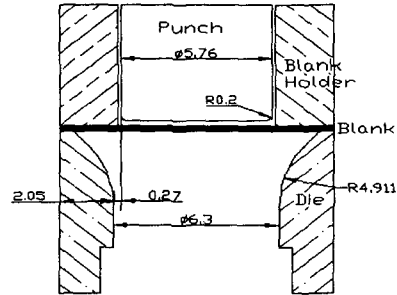


Fig. 5 Tooling geometry for deep drawing

유한 요소 해석에서 블랭크의 모델링은 좌우 대칭이므로 우측 반만을 고려하였다. Explicit code를 사용하여서 펀치의 속도는 가능한 최대로 가하기로 하여 10000mm/s로 하였다. 블랭크 홀더, 펀치, 다이틀 모두 강체로 가정하고 수치 해석을 수행하였다.

Table 1 Input Data for Calculation

blank material conditions	Young's Modulus	69000 N/ mm ²
	Poisson's Ratio	0.33
	R_{mean}	0.7
	Initial Yield Stress	140 N/ mm ²
	Thickness	0.27 mm
friction conditions	blank holding force	18.8 N
	die : blank	0.1
	blank holder : blank	0.1
	punch : blank	0.25

2.2.2 공정 해석

원형 블랭크의 요소분할과 FEM 해석은 Fig. 6에 No-Bridge 블랭크의 요소분할과 FEM해석 형상은 Fig. 7에 각각 나타내었으며, 모두 Shell element로 하였다.

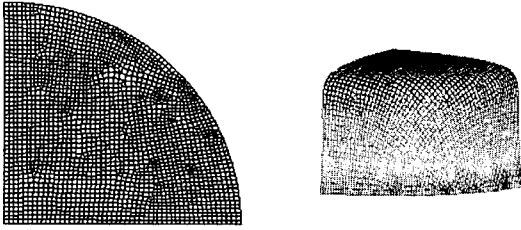


Fig. 6 Circular balnk shape mesh and deformed shape

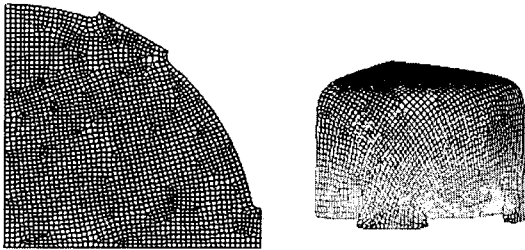


Fig. 7 No-bridge balnk shape mesh and deformed shape

위의 비교 해석 결과를 분석하면 원형 블랭크의 마지막으로 다이에서 빠져 나오는 플랜지의 원주를 이루는 두께 변형률이 30%~36% 사이에서 주기적으로 발생하였다. 이는 드로잉시 플랜지에서 원주 방향으로 압축응력이 걸려 생기는 주름이었다. No-Bridge 블랭크에서 덧살의 영향이 미치지 않는 위치에서는 원형 블랭크와 마찬가지로의 값을 가지나 덧살과 원형이 접하는 지점에서는 무려 최소 50.69%에서 최대 74.08%의 증가를 보이게 되었다. 덧살 영향부로 인하여 주변의 두께 증가로 인하여 필연적으로 심한 주름을 유발시키고 후처리 과정을 거치면서 재료의 이용률을 급격하게 떨어뜨리게 된다. 실제로 공정변수의 영향들에 의해 플랜지부는 최소 판 두께보다 15~25% 두꺼워지고, 벽두께는 오히려 15~25% 얇아지며, 바닥 성형 부위는 40%이상 두께 감소가 된다.⁵⁾ 원형 블랭크의 해석 결과에서 플랜지부는 27~37%증가를 나타내고, 벽두께는 최소 4%감소 최대 21% 증가를 보이고, 바닥 성형부위는 10% 두께 감소를 보였다. 이는 툴의 배치에서 보듯이 다이와 펀치의 간극을 블랭크 두께 t만큼 주어 아이어닝 현상이 일어나도록 하였으나, 공정 해석에서는 이의 영향이 고려되지 않았기 때문이다. 또한 No-Bridge 블랭크에서도 아이어닝의 공정해석이 고려되지 않아 두께 변형률이 큰 값을 가지게 된다. 따라서 No-Bridge 블랭크의 두께 변형률이 원형 블랭크의 값을 갖으면 이를 옳은 해석으로 보았다.

3. 수정 해석 결과 및 고찰

덧 살에 의한 No-Bridge 블랭크의 문제점을 찾아내어 이의 해결을 위하여 몇 가지 개선책을 제안하였다.

첫째, 블랭크 홀더의 형상을 변경시킴으로써 No Bridge 블랭크를 누르는 압하력을 원형 블랭크와 유사하게 만드는 방법이다. 이를 위하여 블랭크의 덧 살을 누르는 블랭크 홀더 부위를 덧 살 모양으로 전체적으로 파내는 방법과 덧 살 형상의 반을 파내는 방법을 취하였다. 둘째, 다이의 형상 반경을 변경함으로써 주름제거를 시도하였다. 다이 형상 반경이 원형의 경우 두께보다 10 배 큰 경우 주름이 발생하기 쉬우나, 특수한 모델을 강구하는 만큼 기존 다이 형상 반경에서 임의의 수치를 침삭하여 비교해 보았다. 셋째, 펀치 형상 반경의 변경을 통한 방법이다. 현재의 0.2mm 반경이 너무 작다고 보고 0.5mm, 1.08mm의 경우를 비교하였다. 마지막으로 블랭크 홀딩력이 주름을 방지하는 효과가 크므로 이를 다각도로 입력하여 계산하였다.

주관심사가 덧 살 부위이기 때문에 계산시간의 절약을 위하여 No-Bridge 블랭크 형상의 요소분할을 다시 수행하였고, Fig. 8과 같이 최종형상에서 A line에 따르는 변위가 이루는 두께 변형률을 측정하였다.

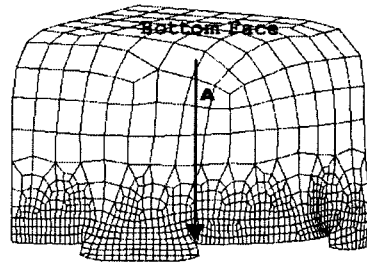


Fig. 8 Line to measure thickness strain

Fig. 9은 블랭크 홀더 형상을 변경시킴에 따른 바닥면에서의 변위에 따른 두께 변형률 분포이다. Fig. 10에는 다이 형상 변경에 따른 두께 변형률을, Fig. 11은 펀치 형상 반경의 변경에 따른 두께 변형률의 분포를, 마지막으로 Fig. 12에서는 블랭크 홀딩력을 다양화하여 두께 변형 분포를 나타냈다. 바닥으로부터 1.8~2.0mm의 거리에서 급격하게 두께 변형률이 20%대로 떨어짐은 이 부분에서 덧 살 영향부가 끝나고 있음을 보여준다.

4. 결론

본 연구에서는 재료 회수율 증가를 위하여 No Bridge 블랭크를 제안하였다. 또한 강소성 유한 요소법을 이용하여 블랭크에 대한 타당성을 검토하였다. No Bridge 블랭크에서 취약지역으로 밝혀진 덧 살 부위의 주름 제거 및 완화를 위하여 공정 변수를 다각적으로 변환하여 최적 조건을 찾아내는 시도를 하였다.

No-Bridge 블랭크에 대해서는 여러 가지 공정 변수를 변환하였어도 덧살 영향부의 과급을 막기 힘들므로 블랭크의 직경을 덧살 영향부만큼 키워야한다는 결론을 내릴 수 있었다. 원형블랭크와 동일한 완제품을 갖기 위해서는 본 연구의 경우 플랜지부의 변위를 0.18~0.20mm 더 가질 수 No-Bridge 블랭크를 제안한다.

아이어닝 현상에 대한 고려가 될 수 있는 강소성 유한 요소법에 의한 방법을 도입된다면 덧 살 부위의 정확한 결과값을 얻을 수 있을 것이다.

참고 문헌

- (1) F. Liu and R. Sowerby, 1991, "The Determination of Optimum Blank Shapes When Deep Drawing Prismatic Cups", *J. Materials Shaping Technology*, Vol. 3, pp. 154~159.
- (2) J. H. Vogel and Lee, 1990, "An Analysis Method for Deep Drawing Process Design", *J. Mech. Sci.* Vol. 32, pp. 891~907.
- (3) 정완진, 조진우, "박판급속 성형공정 해석시스템 개발", *소성가공*, 8권, 1호, 1999, pp. 29~37.
- (4) W. H. Cubbery et al, 1979, "Metal Handbook Ninth Edition" Volume 2, pp. 65~66.
- (5) T. Jimma and T. Kuwabara, 1989, "Analyses of Deep Drawing", *Elservier Applied Science*, pp. 207~240.
- (6) Xi Wang, Jian Cao, 2000, "On the prediction of side-wall wrinkling in sheet metal forming processes", *International Journal of Mechanical sciences* 42, pp. 2369~2394.
- (7) 김두환, "원통형 닥트로잉 용기의 벽 두께 감소 최소화에 관한 실험적 연구", *소성가공*, 7권, 4호, 1998, pp. 393~399.
- (8) 박만호, 김상진, 서대교, "오목형 단면 닥트로잉에서의 성형성", *소성가공*, 5권, 2호, 1996, pp. 138~144.

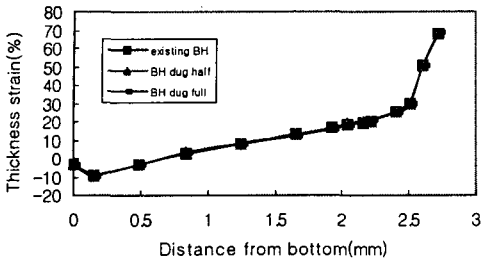


Fig. 9 Blank holder variation

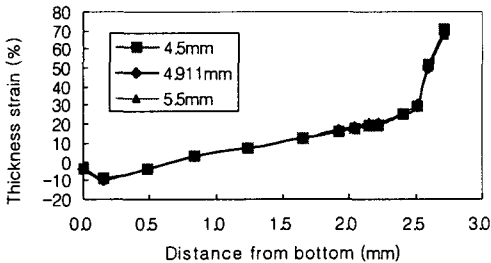


Fig. 10 Die shape radii variation

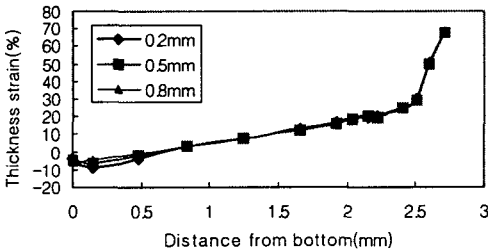


Fig. 11 Punch shape radii variation

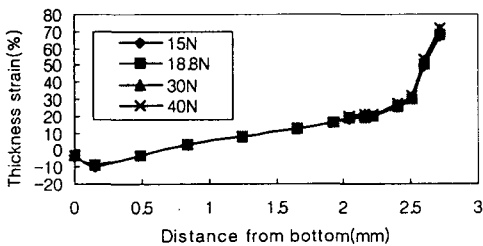


Fig. 12 Blank holding force variation