

자동차 YOKE 제품의 타원용기 성형에 관한 연구

박동환*, 배원락(부산대 대학원 정밀기계공학과), 박상봉(동의공업대 금형설계과),
강성수(부산대 기계공학부)

A Study on Elliptical Cup Drawing of YOKE products, Automobile

D. H. Park, W. R. Bae(Mech. Eng. Dept., PNU), S. B. Park(Die&Mould Design Dept., DIT),
S. S. Kang(Mech. Eng. Sch., PNU)

ABSTRACT

During the deep drawing process an initially flat blank is clamped between the die and the blank holder after which the punch moves down to deform the clamped blank into the desired shape. In general, sheet metal forming may involve stretching, drawing, bending or various combinations of those basic modes of deformation. The deformation problems of sheet metal working involve non-linearity in geometry and material. In this work, The punch load and thickness strain of electro-galvanized sheet steel (SECD) for elliptical deep drawing are examined under the various process conditions including, punch shape radius, die shape radius. The changes of punch load and thickness strain distribution of the deformed elliptical cup are affected by the size of each die shape radius.

Key Words : Elliptical cup(타원용기), Elliptical deep drawing(타원형 디프 드로잉), Punch load(펀치 하중), Thickness strain(두께 변형률)

1. 서론

디프 드로잉(deep drawing) 공정은 펀치 주위의 재료를 펀치의 하강과 함께 다이 속으로 끌고 들어가면서 성형시키는 것으로, 재료의 성형 조건이나 금형의 설계 조건이 적절하지 못하면 재료가 유입되면서 플랜지 부위에서 주름(wrinkle)이 발생하거나 펀치 어깨부에서 파단(fracture)이 일어나는 결함이 발생한다. 따라서 이러한 결함이 생기지 않는 작업 조건으로 설계할 필요가 있다.

금속 박판의 디프 드로잉에서 축대칭 형상의 성형에 대해서는 많은 연구가 이루어졌지만⁽¹⁻³⁾, 비축대칭 타원형상의 성형에 대해서는 아직 연구가 미미한 수준으로 진행 중에 있다⁽⁴⁾. 디프 드로잉 공정이란 하면 일반적으로 축대칭 또는 원형의 디프 드로잉이라 하는데 여기서는 2축 대칭을 가지는 타원형 디프 드로잉 공정에 대해서 연구하였다. 비축대칭 형상의 성형일 때는 축대칭의 경우와 달리 성형 윤곽의 위치에 따라 변형상태가 다르고 재료의 유동이 불균일하다. 그로 인해 펀치 어깨의 하중을 부담하

는 부분에서 파단균열이 발생하게 될 때에 인접부분에서 억제작용을 받는 효과가 나타나고, 플랜지부에서는 둘레방향으로 재료의 이동이 발생하여 변형의 완화가 이루어진다. 이와 같은 현상들은 성형성에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

소재의 재질, 펀치 및 다이 형상반경, 윤활 조건, 가공속도, 블랭크 홀더력, 펀치와 다이의 클리어런스(clearance) 등 매우 많은 공정변수들이 영향을 미치는데, 이러한 공정변수 중에서 펀치 및 다이 형상반경이 비축대칭 타원형 디프 드로잉 성형에 미치는 영향에 대해서 연구하였다. 비축대칭의 타원형 디프 드로잉 제품이므로 블랭크 형상을 최적으로 결정하는 것도 중요하다. 여기서는 몇 번의 블랭크 설계와 시행착오를 통하여 최종 블랭크 형상을 결정하였다.

2. 디프 드로잉 실험

2.1 실험장치

실험에 사용된 재료는 자동차용으로 사용되는 1.6mm 두께의 디프 드로잉용 전기아연도금강판

(SECD)이다. Fig. 1은 인장 시험한 시편으로서 압연 방향에 대해서 0°, 45°, 90° 방향으로 인장시험을 하였다. 사용된 재료의 물성치는 다음과 같다.

$$\bar{\sigma} = 663.89 \bar{\epsilon}^{0.24} \text{ [MPa]}$$

2.2 디프 드로잉 실험

디프 드로잉 실험은 100ton 유압프레스에 금형을 장착하고, 유압펌프에 의한 다이 큐션(die cushion)으로 블랭크 홀더력을 조절하면서 실험을 수행하였다. Fig. 2는 타원형 디프 드로잉 성형을 위한 실험장치를 나타낸다. 블랭크 홀더 압력이 너무 크면 겹이 성형되지 않고 찢어지는 현상이 나타나고, 작으면 주름이 발생되어서 적당한 블랭크 홀더 압력을 1kgf/mm²로 선정하여 실험하였다. 윤활제는 수용성 소성가공유로서 일반적인 드로잉유를 사용하였다. Fig. 3은 타원형 디프 드로잉 금형의 펀치 및 다이의 형상을 도시하였다. Fig. 4는 타원형 디프 드로잉 공정의 블랭크 크기를 나타낸다. 이 타원형 블랭크는 장변의 길이가 122mm이고, 단변의 길이가 114mm로 몇 번의 시행착오를 통하여 최적의 블랭크 형상을 결정하였다. Fig. 5는 타원형 디프 드로잉의 초드로잉 제품을 나타낸다.

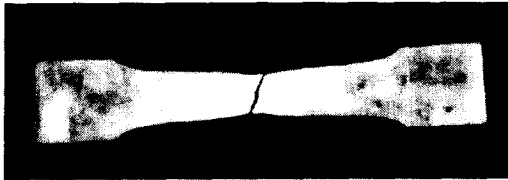


Fig. 1 Tensile specimen



Fig. 2 Experimental equipment for deep drawing

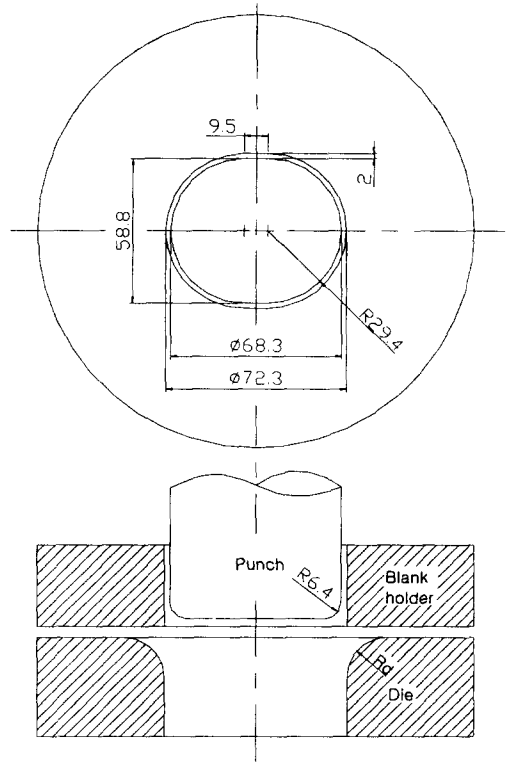


Fig. 3 Die geometry of elliptical deep drawing

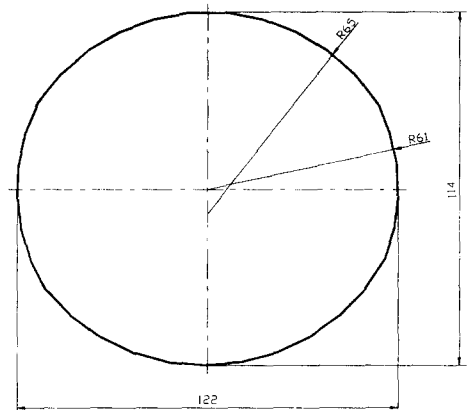


Fig. 4 Blank size designed by the trial and error

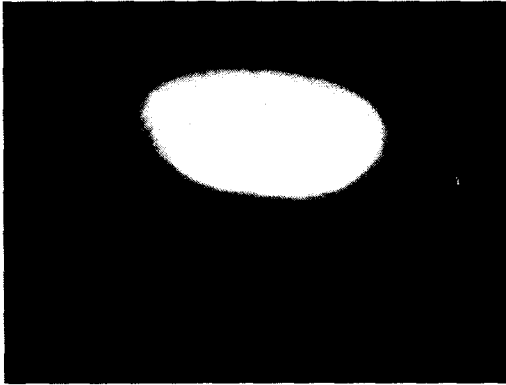


Fig. 5 Product of elliptical deep drawing

3. 실험결과 및 고찰

3.1 두께변형률 비교

실험을 통하여 얻은 제품은 포인트 마이크로미터(point micrometer)를 사용하여 장변부와 단변부로 나누어서 제품의 중심으로부터 3mm 간격으로 플랜지까지 측정하였다. Fig. 6은 초드로잉 공정의 장변부 두께변형률을 나타낸다. 즉, 타원형 디프 드로잉 성형에서 펀치 형상반경(R_p)을 6.4로 정하고 다이 형상반경(R_d)을 6.4, 11.2, 16.0으로 하였을 때, 두께변형률을 나타내고 있다. 다이 형상반경이 16.0일 때 펀치 어깨부에서 플랜지(flange)까지 두께변형률이 최저 -0.08로 다른 것보다 양호한 두께 분포를 나타낸다. 반면에 다이 형상반경이 6.4일 때는 펀치 어깨부에서 국부적인 두께변형률이 -0.15로 다른 것보다 취약한 두께 분포를 나타낸다. 대신에 다이 형상반경이 11.2일 때는 펀치 어깨부에서 플랜지까지 16일 때보다 취약한 두께 분포를 나타낸다.

Fig. 7은 초드로잉 공정의 단변부 두께변형률을 나타낸다. 단변부일 경우는 다이 공(die cavity) 속으로의 재료유동이 장변부와 비교할 때 성형 완료시점에서 플랜지 끝단이 블랭크 홀더에 의한 하중 구속조건이 제거된다. 그러므로 장변부에 비해 단변부는 전체적으로 두께변형률이 높게 나타난다. 이것은 펀치 어깨부의 국부적인 두께감소의 제거가 가능하다고 사료된다.

3.2 펀치 하중 비교

Fig. 8은 다이 형상반경이 6.4일 때, 타원형 디프 드로잉 공정의 펀치 하중을 나타낸다. 초기에 펀치 하중은 타원형 성형이 되므로 인하여 계속적으로 성형 하중이 증가하여 최대 펀치 하중에 이르고, 디프 드로잉 성형 완료시점까지 계속적으로 감소해 간다.

여기서, 드로잉 가공에 필요한 펀치 하중은 블랭크를 눌러주는 블랭크 홀더의 압축력과 블랭크 홀더와 다이 사이에서 블랭크가 받는 마찰력 및 펀치와 다이의 모서리에서 블랭크가 받는 굽힘력의 합이라고 할 수 있다. 특히, 타원형상의 디프 드로잉 제품이므로 최대 펀치 하중 값은 매우 중요하다. 다이 형상반경이 6.4일 때 0.72톤이 실제 측정되었다. Fig. 9는 다이 형상반경이 11.2일 때, 타원형 디프 드로잉 공정의 펀치 하중을 나타낸다. 이 다이 형상반경에서 0.7톤이 실제 측정되었다. Fig. 10은 다이 형상반경이 16.0일 때, 타원형 디프 드로잉 공정의 펀치 하중을 나타낸다. 이 다이 형상반경에서 0.68톤이 실제 측정되었다.

이상의 결과에서 최대 펀치 하중은 다이 형상반경이 6.4일 때 0.72톤, 11.2일 때 0.7톤, 16.0일 때 0.68톤이 측정되었고, 이것은 다이 형상반경이 점점 커질수록 펀치 하중은 감소되어 감을 알 수 있다. 그러므로 최대 펀치 하중의 감소는 작업 능력에 있어서 경제성과 원가 절감이 기대된다.

4. 결론

타원형 디프 드로잉 제품의 성형에 있어서 타원형 블랭크를 최적으로 설계하여 다이 형상반경별로 성형성 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 타원용기 성형에서 펀치 형상반경(R_p)과 비교해서 다이 형상반경(R_d)은 큰 값인 16.0일 때 장·단변부 모두 가장 양호한 두께변형률을 나타낸다.
2. 또한, 다이 형상반경이 펀치 형상반경과 같은 6.4일 때 장변부의 펀치 어깨부에서 국부적인 두께변형률이 -0.15로 가장 취약한 두께 분포를 나타낸다.
3. 최대 펀치 하중은 다이 형상반경이 점점 커질수록 감소되어 감을 알 수 있었다. 또한, 최대 펀치 하중은 타원형 디프 드로잉 성형시 성형 높이의 중간지점에서 나타남을 알 수 있었다.

참고문헌

1. David Alkire Smith, "Die Design Handbook," SME, 1990.
2. 김상화, "사각컵 디프 드로잉 공정의 성형성에 관한 연구," 서울산업대학교 석사학위논문, 1999.
3. 김진무, 유효영, "정사각용기 성형에서 변형률완화에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제16권, 제2호, pp. 31-38, 1999.
4. 박동환, 최병근, 박상봉, 강성수 "타원형 디프 드로잉 공정에서 블랭크 형상 최적화에 관한 실험적

연구,” 한국정밀공학회지, 제16권, 제10호, pp. 101-108, 1999.

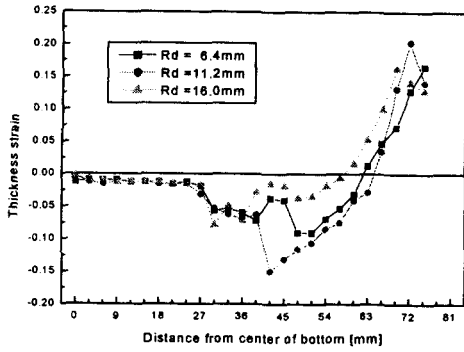


Fig. 6 Thickness strain of long side in first process

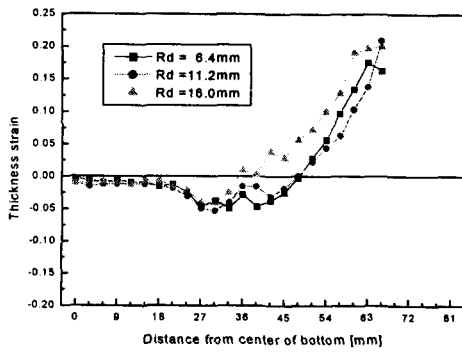


Fig. 7 Thickness strain of short side in first process

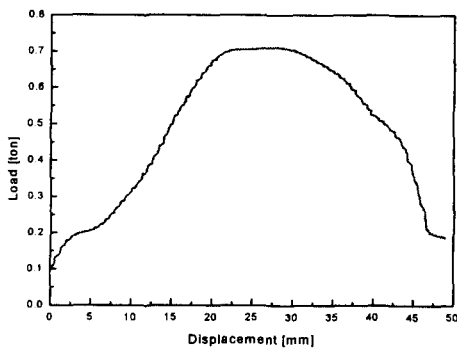


Fig. 8 Punch load-displacement curve (Rd=6.4mm)

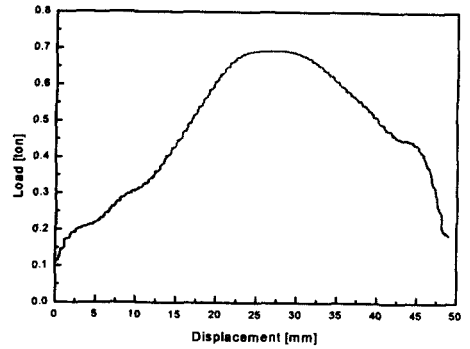


Fig. 9 Punch load-displacement curve (Rd=11.2mm)

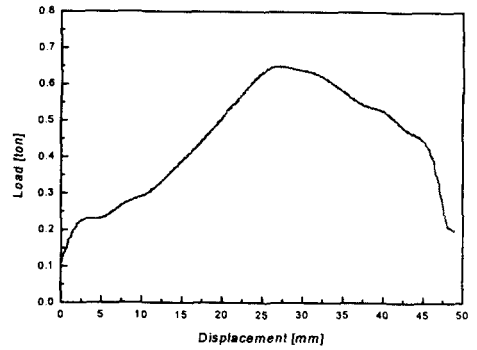


Fig. 10 Punch load-displacement curve (Rd=16.0mm)