

# 디프 드로잉 공정의 성형성 향상에 관한 연구

박동환\*, 최병근\*, 박상봉\*\*, 강성수\*\*\*

## A Study on Improvement of Formability for Deep Drawing Process

Dong Hwan Park\*, Byung Keun Choi\*, Sang Bong Park\*\*, Sung Soo Kang\*\*\*

### Abstract

Recently, most of researches for deep drawing process using sheet metal have been performed on the formability of axisymmetric shape, but there have not been any concrete reports on the formability of non-axisymmetric shape. In addition, the conventional shape radius of the punch and die has been determined by the trying-and-error using industrial experience and post processing test, and only approximate shape radius of the punch and die has been presented. So in this study, the optimal shape radius of the punch and die in deep drawing process with biaxissymmetric blank shape would be proposed. Through the deep drawing experiment, it is found that in order to obtain the optimal products, especially shape radius of the punch and die in all processes is very important.

**Key Words** : Deep Drawing(디프 드로잉), Punch Shape Radius(펀치 형상반경), Die Shape Radius(다이 형상반경)

### 1. 서론

현재까지 원통형 디프 드로잉 제품은 디프 드로잉 공정의 기본으로 연구 되어 왔다. 그래서 많은 응용 형상들이 이를 근거로 하여 제작되고 있다. 일반적으로 급속 박판의 축대칭 블랭크(blank)의 성형에 대해서는 많은 연구가 이루어졌지만, 타원형 블랭크의 성형을 비롯한 특수한 형상의 경우에는 연구 사례가 많지 않다. 디프 드로잉 공정에서 성형성을 향상시키기 위한 방안은 다각도로 제안되고 있다. 펀치 및 다이의 형상반경(shape radius), 윤활조건, 가공속도, 플랜지 면의 주름을 억제하기 위해서 부과하는 블랭크 홀딩 압력(blank holding force)과 마찰력, 클리어런스(clearance) 등이 성형하중과 유동특성에 큰 영향을 미친다.<sup>(1)~(3)</sup>

특히 재료를 성형하기 위한 펀치와 다이의 형상반경이 성형성에 미치는 영향은 매우 크다고 판단된다. 판재의 디프 드로잉 공정에서 플랜지(flange)의 원주방향에 압축변형으로 주름이 생기면서 판 두께가 두꺼워지는 경향이 나타나며, 측벽부에서는 원주방향으로 압축, 높이방향으로 인장 등의 복잡한 성형 메커니즘으로 인하여 판재 두께의 감소 현상이 발생한다.<sup>(4)~(6)</sup> 더욱이 타원형 블랭크의 디프 드로잉 공정의 경우 더욱 복잡한 성형 메커니즘이 된다.

따라서, 본 연구에서는 타원형 블랭크의 디프 드로잉 성형성을 향상시키기 위한 방안으로 펀치 및 다이의 형상반경이 성형성에 미치는 영향을 연구하였다.

### 2. 실험장치 및 방법

#### 2.1 실험 소재

시험에 사용된 소재는 성형성이 좋은 전기아연 도금강판(SECE)으로 두께는 1.6mm이고 20 $\mu$ m의

\* 부산대학교 대학원

\*\* 동의공업대 금형설계과

\*\*\* 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구센터

아연도금이 되어 있는 소재를 사용하였다. SECE의 화학적 조성은 Table 1과 같다.

SECE의 물성을 파악하기 위해 JIS Z 2201 5호 시편으로 압연 방향에 대해 0°, 45°, 90° 방향으로 인장시험을 수행하였다. 시편의 표점거리는 50mm로 하였으며, 인장시험은 U.T.M에서 크로스헤드(crosshead)를 10mm/min로 유지시킨 후 파단에 이르기까지 인장하였다. 인장시험을 통하여 얻은 SECE의 기계적 성질은 Table 2와 같다. SECE의 성형성 평가를 위해 에릭슨 테스트를 수행하였으며, 에릭슨 값은 11.4mm로 전체적으로 성형성이 좋았다.

Table 1 Chemical composition of SECE

C	Si	Mn	P	S	Al
0.05	0.011	0.19	0.012	0.011	0.044

Table 2 Mechanical properties of SECE

Direction	Yield Strength [MPa]	Tensile Strength [MPa]	Elongation [%]
0°	210	311	46
45°	226	323	43
90°	222	307	45

## 2.2 실험 장치

실험에 사용된 장비는 300ton 기계식 프레스로 블랭크 홀더 압력을 임의로 조절할 수 있는 다이 쿠션(die cushion)과 제품 취출을 위한 녹아웃 장치가 갖추어져 있다. 디프 드로잉 제품을 생산하기 위하여 다공정 트랜스퍼 금형으로 구성된 각 공정별 금형 트라이 아웃(try-out)을 행하였다. 제품에 대한 공정순서는 초드로잉(1st drawing)과 재드로잉(redrawing)의 총 2공정의 다단계 디프 드로잉으로 구성되어 있다. 펀치 및 다이는 합금 공구강(STD11)을 담금질 열처리(HRC 60) 하였고,

펀치 형상반경(Rp)과 다이의 형상반경(Rd)은 Table 3과 같이 초드로잉 공정에서 각각 3가지 경우로 가공하여 총 9가지의 실험을 하였다. 다이 세트(die set)에서 상.하홀더는 주물(FC25)로 제작한 후 가공하였다. 클리어런스(clearance)는 편측으로 소재두께(t)와 대비하여 1.25t를 적용하였다.

Table 3 Shape radius of the punch and die

Process	Rp	Rd
1st drawing	R6.4 (4t)	R9.6 (6t)
	R9.6 (6t)	R12.8 (8t)
	R12.8 (8t)	R16 (10t)
redrawing	R12	R8

## 2.3 실험 방법

트랜스퍼용 금형을 프레스에 클램핑하였으며, 램(ram)의 속도를 8SPM으로 일정하게 유지하였다. 블랭크 홀더력은 각 공정별로 다이쿠션에 걸리는 압력을 초드로잉 공정에서는 3kgf/mm<sup>2</sup>, 재드로잉 공정에서는 2kgf/mm<sup>2</sup>로 하였다. 윤활제는 수용성 소성가공유로서 일반적인 드로잉유를 사용하였고 소재를 드로잉 다이에 삽입할 때는 블랭크 중심을 다이 중심에 정확히 일치시킨 후 드로잉하였다. Table 4는 각 type별 시험조건을 나타낸 것이다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

디프 드로잉 실험을 통하여 얻은 제품을 연삭 절단기로 절단하였다. 포인트 마이크로미터(point micrometer)를 사용하여 각 공정별로 장변부와 단변부로 나누어서 제품의 중심부에서 3mm 간격으로 플랜지부 끝단까지 측정하였다. 여기서 장변부는 블랭크의 길이가 긴 쪽이고, 단변부는 블랭크의 길이가 짧은 쪽이다. 디프 드로잉 실험후 장변부와 단변부로 나누어서 측정한 결과를 고찰하였다.

Fig. 1은 각 공정별 디프 드로잉 제품을 나타낸다. Fig. 2는 A type의 장변부의 두께 분포를 나타낸 것이다. 여기서 A type는 Rp가 4t로 6.4mm이다. A type의 장변부에서 다이 형상반경을 3가지 경우로 나누어 시험한 결과 펀치 어깨에서 Rd 9.6인 경우가 다른 경우(Rd=12.8, 16)보다 두께가 감소하였다. Rd가 작은 것 보다는 큰 것이 두께 분포가 균일하다는 사실을 알 수 있다. Fig. 3은 A type의 단변부의 두께 분포를 나타낸 것이다. A type의 단변부에서 Rd 9.6인 경우 측벽부 및 플랜지부의 두께감소가 다른 경우(Rd=12.8, 16)보다 크고, 장변부와 비교해서 전체적으로 측벽 하단부와 플랜지부에서 두께 증가가 나타났다. 또한 Rd 16인 경우 장·단변부 모두 두께감소가 가장 작게 나타났다. Rp를 고정하고, Rd를 변화하면 Rd가 가장 큰 쪽이 두께 감소가 적게 나타났다. Fig. 4, 5는 B type의 장·단변부의 두께 분포를 나타낸 것이다. 여기서 B type는 Rp가 6t로 9.6mm이다. Rp가 9.6에서 16으로 커질수록 두께감소가 작게 나타남을 알 수 있다. Fig. 6, 7은 C type의 장·단변부의 두께 분포를 나타낸 것이다. 여기서 C type는 Rp가 8t로 12.8mm이다. 단변부는 전체적으로 장변부보다 두께가 크게 나타났다. 제품이 원형 디프 드로잉이지만, 블랭크는 타원 형상이므로 단변부의 블랭크 길이가 장변부보다 짧아 재료의 유동이 원활하여 두께가 상대적으로 크게 나타난 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 디프 드로잉 금형에 사용되는 전기아연도금강판의 성형성 향상을 위하여 실험용 금형제작과 디프 드로잉 실험을 통하여 최적 가공조건에 관련된 공정변수를 고찰하였으며 두께 변화량 등을 측정, 비교해 본 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- (1) 성형된 제품의 두께 변형 분포에서 타원형 블랭크의 형상 특징과 연계하여 장변부보다는

단변부의 두께가 두껍게 나타났다.

- (2) 펀치 형상반경이 일정한 경우에 다이 형상반경이 펀치 형상반경보다 작거나 같아지는 경우 컵 벽부분의 두께가 작아지는 현상이 발견되었다. 이 현상은 특히 장변부에서 두드러지게 나타났다.
- (3) 펀치 형상반경이 과소한 경우에 펀치 어깨부에서의 두께감소가 심하게 관찰되었으며, 펀치 형상반경이 다이 형상반경보다 작은 경우는 컵벽의 두께감소가 두드러졌다

#### 후 기

본 연구는 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구소(ERC/NSDM)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- (1) 金世煥, 韓允熙, 李承熙, 1988, “프레스 금형設計 資料集”, 大光書林, pp. 248-345.
- (2) 橋本 明 著, 1974, “프레스絞り加工”, 日刊工業新聞社, pp. 118-139.
- (3) Donald F. Eary, Edward A. Reed, “Techniques of pressworking sheet metal”, Prentice-Hall, New Jersey, pp. 100-185.
- (4) Edward.M.Mielnik, 1991, “Metalworking science and engineering”, McGraw-Hill, inc., New York, pp. 779-871.
- (5) 김두환, 1998, “원통형 딥드로잉 용기의 벽 두께 감소 최소화에 관한 실험적 연구”, 한국소성가공학회지 제7권 제4호, pp. 393-399.
- (6) 太田 哲 著, 1972, “프레스絞り加工 工程設計”, 日刊工業新聞社, pp. 157-167.

Table 4 Test conditions

Type	Rp [mm]	Rd [mm]	Clearance [mm]
A1	6.4 (4t)	9.6	2.0 (1.25t)
A2	6.4	12.8	
A3	6.4	16.0(10t)	
B1	9.6 (6t)	9.6	
B2	9.6	12.8	
B3	9.6	16.0	
C1	12.8 (8t)	9.6	
C2	12.8	12.8	
C3	12.8	16.0	

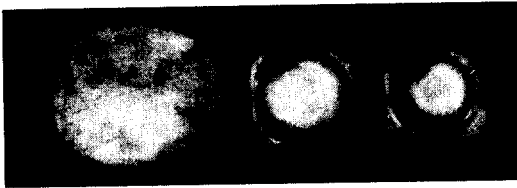


Fig. 1 Deep drawn products in all processes

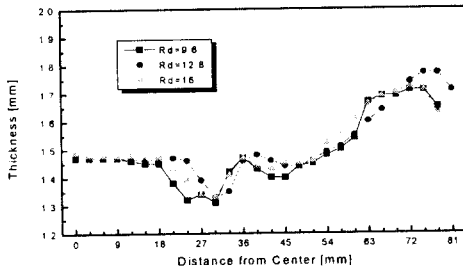


Fig. 2 Thickness distribution for long side in A type

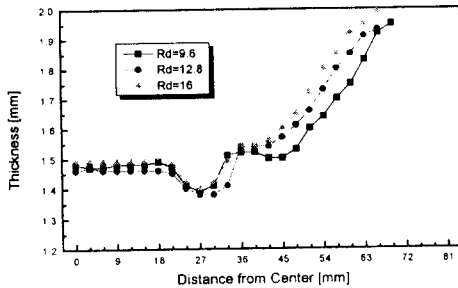


Fig. 3 Thickness distribution for short side in A type

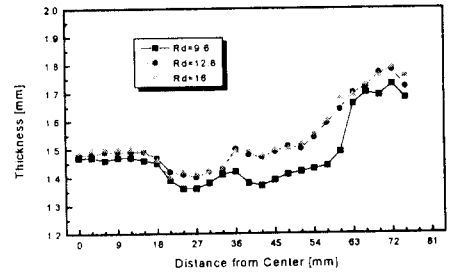


Fig. 4 Thickness distribution for long side in B type

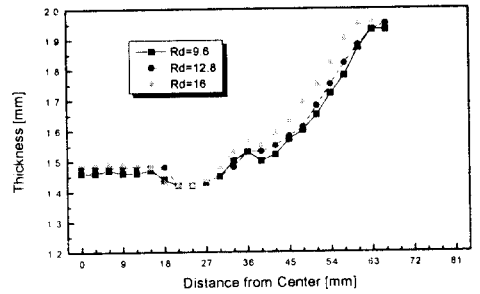


Fig. 5 Thickness distribution for short side in B type

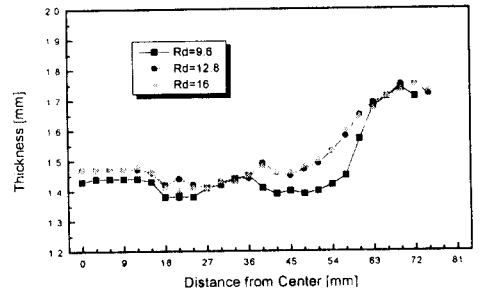


Fig. 6 Thickness distribution for long side in C type

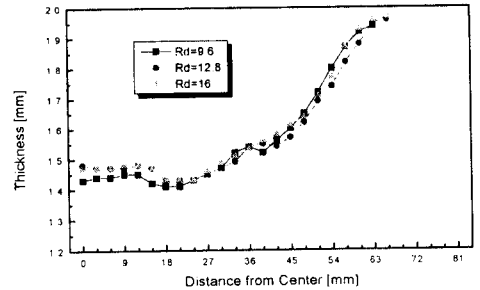


Fig. 7 Thickness distribution for short side in C type