

# 각통 드로잉용 펀치와 다이구멍의 각반지름 설계에 관한 연구

김세환<sup>†</sup>

공주대학교 기계자동차공학부 금형설계공학전공  
(2008. 5. 2. 접수 / 2008. 7. 25. 채택)

## Study on the design of punch and radius of die hole for rectangular shell drawing

Sei-Whan Kim<sup>†</sup>

Department of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University  
(Received May 2, 2008 / Accepted July 25, 2008)

**Abstract :** This paper describes  $R_p$ ,  $R_d$ ,  $R_c$ ,  $R_{cp}$ ,  $R_{cd}$  for design and manufacture of die by comparing the results. Results of this study could be reduced from three processes to two processes and drawing can be conducted using one die set by modifying structure of the punch head and die plate. Oil canning phenomenon can be prevented when circle blanking or ellipse blanking in blanking drawing.  $R_c$ , the important factor of drawing process was able to evaluate properly in designing of product.

**Key Words :** Oil canning, Drawing punch, Locating plug, Upward drawing die, Inverted die, Puckering

### 1. 서 론

각통(角筒)이란 바닥의 4 코너부(구석부)에는 원의 1/4 원호가 있고 그것을 직변으로 연결한 것으로써 정육면체용기(Square Shell)나 직육면체용기(Rectangulr Shell)를 의미하며, 이러한 용기를 제작할 때는 판재를 굽혀서 4 구석의 이음매를 납땜, 용접 등의 접합으로 하거나 금형을 이용하여 이음매 없이 드로잉성형(Drawing Forming)하는 방법이 있다.

동일형상의 용기를 다량으로 생산 하려면 각통 드로잉(Rectangular Shell Drawing) 방법을 많이 사용하고 있으나 원통 드로잉(Cupping Drawing)에 비하여 훨씬 어렵다. 각통 드로잉 작업을 성공적으로 성형 하려면 다음의 조건을 충족 시켜야 한다.

용기의 재질, 블랭크형상, 드로잉깊이, 드로잉횟수, 드로잉형상, 드로잉압력, 블랭크 홀딩력, 쿠션력, 드로잉 유, 펀치와 다이구멍의 각(角)반지름(Angular Radius), 클리어런스, 다이구조 등의 총합적 조합이 적절한 경우에 성공할 수 있다는 것이다.<sup>(1-5)</sup> 그러나, 이와 같은 수많은 항목들의 여러 가지 조건을 조합

하여 실시하는 것은 도저히 할 수 없으므로 실무적으로는 어떤 종류의 것에 제한을 두어 성공하기 위한 확률이 가장 높은 방법을 골라 시험 드로잉한 후에 설계와 작업 조건을 다소 수정 보완 하는 정도로 성공 시키고 한다.

Fig. 1에서와 같이 각통 드로잉용 금형의 펀치와 다이구멍의 각(角)반지름 명칭은, 펀치의 각(角)반지름( $R_p$ ), 다이의 각(角)반지름( $R_d$ ), 펀치와 다이구멍의 코너반지름( $R_c$ ), 펀치의 모서리 각(角)반지름( $R_{cp}$ ), 다이구멍의 모서리 각(角)반지름( $R_{cd}$ ) 등 개소별로 있는데 이것들의 적정 치수를 결정하는 설계방법에 대하여, Kurt Lange<sup>(6)</sup>와 Frank W. Wilson<sup>(7)</sup> 등이 있고,  $R_c$ 에 관해서는 Crane. E.V<sup>(7)</sup>와 太田 哲<sup>(3)</sup> 등이 있으나  $R_{cp}$ ,  $R_{cd}$ 에 관하여 언급한 것은 많지 않았다.

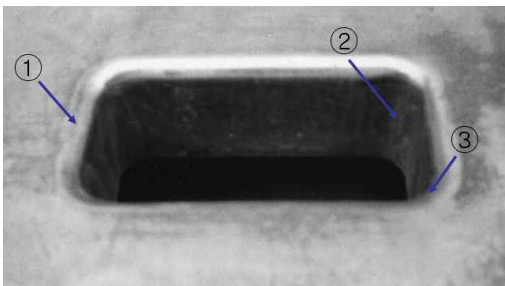
본 연구에서는 이들 각(角)반지름의 적정 설계법을 정리하고 그에 따른 금형설계와 제작 및 트라이얼(Trial) 실시 후 결과를 비교 검토하여  $R_p$ ,  $R_d$ ,  $R_c$ ,  $R_{cp}$ ,  $R_{cd}$ 의 적정 값을 제시 하고자 하였다.

### 2. 본 론



(a) punch

- ① 펀치각 반지름( $R_p$ )
- ② 코너 반지름( $R_c$ )
- ③ 펀치 모서리 각 반지름 ( $R_{cp}$ )



(b) die hole

- ① 다이각 반지름( $R_d$ )
- ② 코너 반지름( $R_c$ )
- ③ 다이 구멍 모서리 각 반지름 ( $R_{cd}$ )

Fig. 1 Radius of die hole

### 2.1 각통 드로잉의 특성

각통 드로잉은 Fig. 2와 같이 4 구석인 코너( $R_c$ )의 각각 위치에서 1/4 원의 원통 드로잉과 4개 측벽 직면부의 굽힘가공 조합으로 이루어진다. 따라서 1/4 원의 코너부는 대개 디프드로잉(Deep Drawing)을 하기 때문에 원주 방향의 압축응력과 깊이 방향의 인장응력을 받는 것으로 된다. 또 측벽의 직면부는 다이구멍 각(角)반지름( $R_d=r_d$ )부에서의 굽힘 되돌리기에 의하여 성형되기 때문에 이 부분에서는 펀치의 진행방향에 굽힘응력이 발생 하지만 둘레방향의 응력은 거의 없다.<sup>(2)</sup> 이와 같이 압축응력이 높은 부분과 없는 부분이 접하는 것으로 되므로 실제적으로는 서로 영향하여 코너  $R_c$ 의 압축응력은 감소하고, 직면부의 측벽에 압축응력이 생기는 것으로 된다.

또, 재료의 유동면에서 취하면 4 구석 코너부는

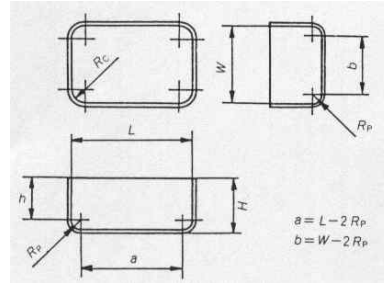


Fig. 2 Rectangular shell box

재료가 남아 있고 응력이 낮은 직면부의 측벽에 재료를 압입하는 것으로 된다.

일반적으로 원통의 디프드로잉에서는 양호한 조건 하에서도 지름성형 정도뿐 드로잉하지 못하지만 각통의 드로잉에서는 코너부의 재료가 직면부로 흘러서 응력이 저감 하므로 코너  $R_c$ 의 4~6배는 안전하게 드로잉이 된다.<sup>(1-3)</sup> 그러나 반면에 직면부 측벽에 흘러 들어간 재료의 여분이 생기는 것으로 된다.

### 2.2 $R_p, R_d, R_c, R_{cp}, R_{cd}$ 의 이론

펀치의 머리부 각(角)반지름( $R_p=r_p$ ) 형상은 그대로 제품의 밑바닥부 형상으로 되므로 제품도 설계시 드로잉 성형성 측면에서 판단을 잘 하여 치수를 결정 하여야 한다. 1 회의 드로잉으로 완성될 정도의 얇은 드로잉 제품의 경우도 바닥부  $R_p$ 가 작을 때는 리스트라이킹(Restriking)으로 치수를 내야 한다. 디프드로잉의 경우는 재드로잉하지 않으면 안 되므로 이때는 공정수, 재질, 금형구조 등을 고려하여 무리가 없는 가장 합리적인 형상으로 바닥부를 설계 하여야 한다.

이와 같이 펀치의  $R_p$ 는 제품의 바닥부 형상을 제품도와 동일하게 성형 시키므로 드로잉 가공시 중요한 요소의 하나이다. 펀치의 머리부 각(角)반지름( $R_p$ )와 다이구멍 어깨부의 각(角)반지름 형상( $R_d$ )에 의하여 드로잉가공은 진행 되므로  $R_p, R_d$ 의 설계 결과는 드로잉의 성공 여부를 좌우 한다. 블랭크(Blank)는 펀치 머리부 각(角)반지름( $R_p$ )와 다이구멍 어깨부 각(角)반지름( $R_d$ )값으로 드로잉의 초기에 갑자기 굽혀지므로 블랭크 판재에 가공경화를 발생시킨다. 그리고  $R_p$ 의 대소는 드로잉압력, 블랭크 홀딩력, 쿠션력에는 그다지 영향하지 않는다.  $R_p$ 가 너무 작으면 극단적인 최소 굽힘 반지름의 굽힘가공과 동일한 결과로 되어 가공경화도 심하여져 외측에

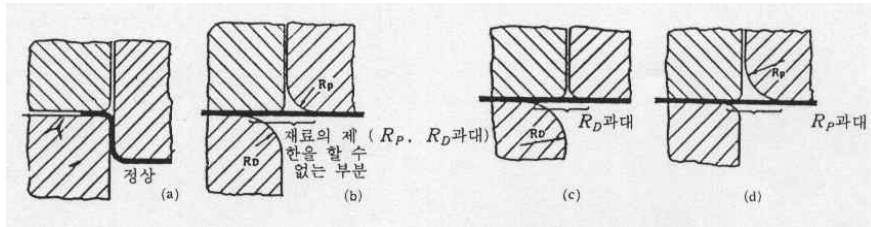


Fig. 3 Region of over-hang according to  $R_p, R_d$

인장변형이 커져서 판재는  $R_p$ 가 통과한 직후의 부분에 집중적인 하중을 받게 되어 판두께가 얇아져 드디어 파단 된다. 이것을 방지 하려면 판두께를 두껍게 하여 파단 대책을 입안 하거나,  $R_p$ 를 크게 하도록 설계변경 하거나, 큰 값으로 드로잉한 후 리스트라이킹으로 형상과 치수를 내거나, 연신률이 좋은 디프드로잉 철판을 선택 하는 등의 방법을 세워야 한다. 결론적으로, 너무 작은  $R_p$ 는 고생만 시켰을 뿐 결과가 좋지 않으므로 가능한 제품도 설계시 적합한  $R_p$ 값으로 치수를 맞추어야 한다. 반면,  $R_p$ 가 너무 크면 드로잉시 소재 유입은 잘 되지만 어느 이상으로 진행 되면 드로잉 방향으로 주름살이 발생하게 된다. 이 주름살은 플랜지부에 발생하는 주름살과 달라서 세로 주름살이 되므로 보디주름살(Puckering) 이라고 한다.

Fig. 3은  $R_p$ 와  $R_d$ 의 크기를 여러 종류로 조합한 경우이다. 바람직한  $R_p$ 와  $R_d$ 는 Fig. 3의 (a)이다. (b)처럼  $R_p$ 와  $R_d$ 값이 과대하면 오버행(Overhang : 블랭크를 제어할 수 없는 부분)영역이 커지므로 보디주름살이 발생하는 최악의 드로잉이 된다. (c)처럼  $R_d$ 가 과대하면 드로잉 종료 직전에서 벽주름살이 발생한다. (d)처럼  $R_p$ 가 너무 크면 블랭크홀더(Blank holder)와 펀치의 하면(下面) 사이에서 재료 유입을 통제할 수 없는 부분이 너무 커져서 주름살 발생은 물론 파단현상도 발생 된다.<sup>(2,3)</sup>

4각형 용기의 드로잉에서  $R_p, R_d$ 의 치수는 일반적인 원통 드로잉의 경우와 동일하게 생각 하여도 큰 문제는 없다. 4각형이기 때문에 직변의 굽힘부분과 4 구석( $R_p, R_d, R_{cp}, R_{cd}$ )의 드로잉 부분이 있으므로 아무래도 4 구석 부분에 드로잉 압력이 지나치게 집중되는 것으로 된다.<sup>(8,9)</sup> 그 때문에 이것을 피하

기 위하여 다이구멍 구석 부분( $R_d, R_{cd}$ )의 치수를 약간 크게 하고 이 부분에 압축력으로서 재료가 다가오는 것을 쉽게 하도록 하여야 한다.

$R_d$ 는 성형시 가공경화를 가능한 적게 하기 위하여  $R_p$  보다는 큰 편이 바람직하다. 너무 크면 펀치와 다이플레이트 및 블랭크홀더 사이에서의 오버행 영역이 커지므로 주름살 발생, 파단 등의 문제가 발생된다. 각종 드로잉에서 2 공정 이상을 필요로 할 때 제1드로잉의  $R_p, R_d$  치수 결정하는 방법이 대단히 중요하다. 많은 방법이 있으나 그 중 가장 접근성이 좋은 방법은 Table 1과 같다.<sup>(4,5,8-10)</sup>

Table 1 Rectangular shell drawing( $R_p, R_d$ )

두께의 비	2.0~1.5	1.5~1.0	1.0~0.6	0.6~0.3	0.3~0.1
플랜지 없다	(4~7)t	(5~8)t	(6~9)t	(7~10)t	(8~13)t
플랜지 있다	(6~10)t	(8~13)t	(10~16)t	(12~18)t	(15~22)t

$R_p$ 와  $R_d$ 를 결정하는 또 다른 방법은 제품도의  $R_c$ 와 드로잉깊이(h)를 서로 비교하여 다음과 같이 선정하는 것이다.<sup>(3-5)</sup>

$$h=2R_c \text{ 정도이면 } \rightarrow R_p=R_d=(7\sim 8)t,$$

$$h=(3\sim 4)R_c \text{ 정도이면 } \rightarrow R_p=R_d=(10\sim 15)t,$$

$$h=6R_c \text{ 정도이면 } \rightarrow R_p=R_d=(20)t \text{ 로 하고 있다.}$$

코너반지름( $R_c$ )의 치수는 가능 하다면 제품도를 설계할 때 결정된 값을 공정 순서대로 변화 시키지 말고 그대로 사용하는 방법도 주름살 및 파단 방지에 큰 역할을 하고 있다. 문헌에서는  $R_c=h/7.5\sim 4.0$  정도를 권장하고 있으며 이것으로 제품도 검토시  $R_c$ 값의 최고값, 최소값을 결정 지어 준다. 또 다른 방법은 모노그래프를 이용하기도 한다.<sup>(1-5)</sup>

한편, 모서리 각(角)반지름  $R_{cp}, R_{cd}$  값을 결정할 때는  $R_p, R_d$ 의 치수에 20~30% 가증하여 설계하고 있다.<sup>(2-5)</sup> 즉,  $R_{cp}=R_p+R_p(20\sim 30\%), R_{cd}=R_d+R_d(20\sim 30\%)$ 이다.

### 3. 트라이얼용 펀치와 다이플레이트 설계

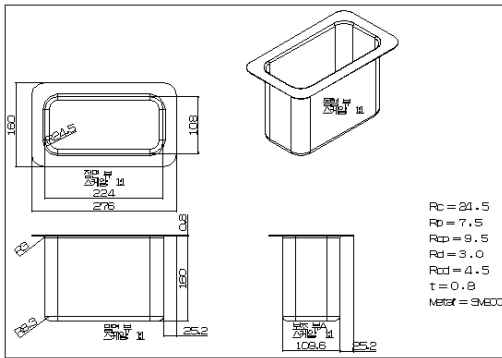


Fig. 4 Drawing of rectangular shell box

제품도(Fig. 4)의 직육면체셀을 드로잉 할 수 있는 펀치의  $R_p$ ,  $R_c$ ,  $R_{cp}$ 와 다이 구멍의  $R_d$ ,  $R_c$ ,  $R_{cd}$  치수를 설계하고 제작하여 트라이얼 하기로 하였다.

1 회로 단번에 드로잉 완료 되는지 여부를 검토하기 위하여 가공난이름을 계산 하였다.

즉, 가공난이름  $= h^2/R_c \times W = 5$  이하일 때 1회 드로잉이 가능하다는 관계식<sup>(2-5)</sup>을 인용하여 계산 하였더니  $160^2/24.5 \times 108 = 9.67$  이므로 2공정 이상의 드로잉이 요망 되었다.

따라서, 제1드로잉용 펀치 치수와 다이구멍 치수만 결정하고 제2드로잉용 펀치와 다이구멍 치수는 제품도의 치수와 동일하게 하였다. 정상적인 드로잉 횟수는 3회가 요망 되나 2회로 트라이얼 하여 문제점 도출과 해법을 연구 하고자 하였다.

#### 3.1 $R_p$ , $R_d$ 치수 설계

원통 드로잉이나 각통 드로잉에서 제1드로잉용 펀치와 다이구멍 치수 결정은 제2드로잉의 성패까지 좌우하는 요소가 된다. 따라서  $R_p$ ,  $R_d$ 의 설계는 전술한 관계이론에서와 같이 제품도의  $h$ 와  $R_c$  값이  $h=6R_c$  일 때  $R_p$ ,  $R_d$  값을 20t 정도로 하면 적정하다고 하였으므로,

$h=6R_c$  에서  $h=160\text{mm}$ ,  $R_c=24.5\text{mm}$  이니  $160=6 \times 24.5$ 의 범주에 속하여  $R_p=R_d=20t$ 에 의하여 16mm로 산출 된다.

통상적으로  $R_p$  보다는  $R_d$ 를 크게 하므로<sup>(2-4)</sup>  $R_p=16.0\text{mm}$ ,  $R_d=17.0\text{mm}$ 로 결정 하였다.

#### 3.2 $R_c$ , $R_{cp}$ , $R_{cd}$ 치수 설계

제품도의 깊이( $h$ )와 코너 반지름( $R_c$ )와의 관계는,  $h=(4\sim 7.5)R_c$ 에서  $160.0\text{mm}=98.0\text{mm}\sim 183.7\text{mm}$ 로 풀이 되어, 제품도에서  $h=160.0\text{mm}$  이므로  $R_c=24.5\text{mm}$ 는 적합 하다고 판단되었다.

$R_{cp}$ 와  $R_{cd}$  치수는  $R_p$  및  $R_d$  값에 30% 정도 증가하면 되어  $R_{cp}=20.0\text{mm}$ ,  $R_{cd}=22.0\text{mm}$ 로 계산하여 펀치 치수와 다이구멍 치수 설계를 완료하여 Fig. 5와 같이 작도 하였다.

금형의 구조는 상향(上向) 드로잉다이(Upward Drawing Die)로 하여 다이플레이트를 상형(上型)에 설치하고 펀치와 블랭크홀더를 하형(下型)에 설치하는 역배치다이(Inverted Die) 형식으로 하였다.

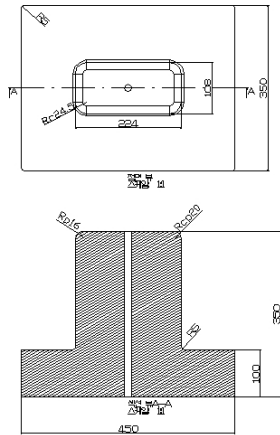
## 4. 트라이얼 및 비교검토

### 4.1 트라이얼

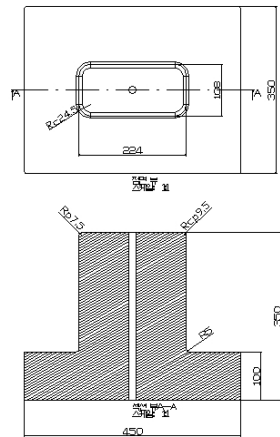
Fig. 5의 설계도면에 의하여 제작된 금형으로 트라이얼(시타발) 하기 위하여 제품의 전개도(Blank)를 작도하고 블랭크의 4 구석 원호 면적을 수정 하였으며, 사용 프레스는 국내산 250톤급 유압프레스를 선택하여 드로잉 압력 150톤과 쿠션 압력 100톤으로 설정 하였다. 이어서 블랭크를 블랭크홀더 상면에 위치결정 시키고 제 1드로잉을 시작하였다. 50여개를 드로잉 하는 동안 아무런 문제점 발생 없이 성형 되었다. 이것은 제 1드로잉용의 펀치와 다이플레이트 구멍의 각부(各部) 치수 설계가 성공적으로 이루어진 것으로 판단되어 제 2차드로잉용 금형으로 교체 시켜 모든 조건은 제 1차와 동일하게 하였다. 제 1드로잉에서 성형된 제품을 금형안에 위치결정 시키고 제 2공정의 드로잉을 시작 하였던 바, 1차 성형 제품의  $R_c$ 와  $R_d$  부위에서 균열현상이 발생 되었다. 균열현상의 발생원인 으로는,

첫째 원인으로서는, 제 1차 드로잉에서의 각부(各部)  $R_p$ ,  $R_d$ ,  $R_{cp}$ ,  $R_{cd}$ 의 치수에서 제 2차 드로잉 치수와의 축소율이 너무나 컸던 것으로 판명 되었다. 일반적인 축소율은 45~50% 정도이나<sup>(4,5)</sup> 본 논문에서  $R_p$ 는 53%,  $R_{cp}$ 는 52.5%,  $R_d$ 는 82%,  $R_{cd}$ 는 79.5%로 각각 나타났다.

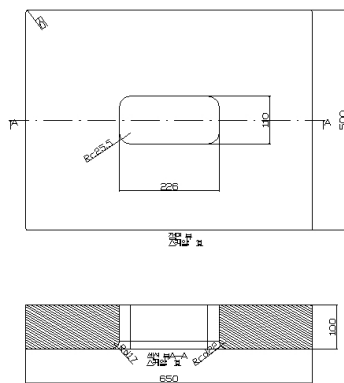
두 번째 원인으로서는, 제 2드로잉시  $R_p$ 와  $R_d$ 의 값은 제 1드로잉  $R_p$ 와  $R_d$ 의 값에 60~90%를 적용하고 있으므로<sup>(2-5)</sup> 제 2드로잉에서의 적합한  $R_p$ 값은 9.6~14.4mm 이며  $R_d$ 값은 10.2~15.3mm 이다. 그런데



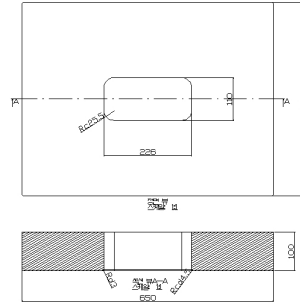
(a) 1st punch



(b) 2nd punch



(c) 1st die plate



(d) 2nd die plate

Fig. 5 Punch and die plate

제 2드로잉의  $R_p$ 값을 7.5mm(9.6~14.4mm 대비),  $R_d$ 값을 4.5mm(10.2~15.3mm 대비)로 하였으므로 실패한 것으로 판단되었다. 왜냐하면, 제 1드로잉의  $R_p$ 와  $R_d$ 값은 적정값으로 설계 되었으므로 Fig. 6과 같은 공정별 형상과 관계없이 드로잉이 성공적으로 완료 되었지만 제 2드로잉에서  $R_p$ 의 치수가 적정값 9.6~14.4mm 보다 적은 7.5mm 이었고,  $R_d$ 의 치수도 적정값 10.2~15.3mm 보다 적은 4.5mm 이므로 1회의 공수를 줄인 결과 실패한 것으로 추정되어 다른 공법을 채택 하기로 하였다. 공정별 형상을 Fig. 6과 같은 방법으로 하지 않고 제 1드로잉에서 제품도의 형상과 치수대로 장변과 단변길이 및  $R_c$ 값으로 성형하고 제 2드로잉에서  $R_p$ ,  $R_d$ ,  $R_{cp}$ ,  $R_{cd}$ 를 축소하는 공법을 도입 하였다.<sup>(11)</sup> 공정수와 제 2드로잉의  $R_p$ ,  $R_d$ ,  $R_{cp}$ ,  $R_{cd}$  값도 변경하지 않았으며 다만 Fig. 5의 펀치와 다이플레이트의 구조와 작동방법을 개선하기로 하였다. 이 방법은 공정수를 줄이기 때문에 프레스 1대, 금형 1벌로 2공정의 드로잉을 완료하는 공법이다.<sup>(11)</sup>

따라서 Fig. 5의 제 2드로잉 금형의 펀치와 다이플레이트 구조를 개선하여 Fig. 7과 같이 설계 하였다. 이 금형을 사용하여 재트라이얼을 하였다. 이미 제 1드로잉은 성공된 상태 이므로 제 2드로잉만 수행하기로 하였다. 제 2드로잉 금형의 작동 원리는, 펀치가 작동전에 로케팅플러그(Locating Plug)로써 1차 드로잉 제품을 위치결정 시키고 Fig. 7(d)를 그 위에 얹혀 놓은 후 동작을 시키는 것이다. 이렇게 제 2차 드로잉을 30 여회 하였는데 균열 없이 리드로잉이 성공적으로 이루어 졌다. Fig. 8(a)은 제 1차 드로잉 성형품이며, Fig. 8(b)는 제 2차 드로잉 성형품이다.

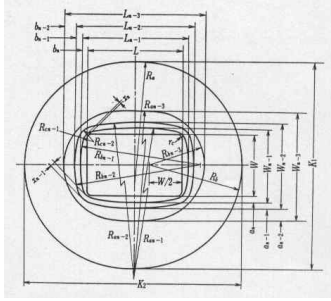
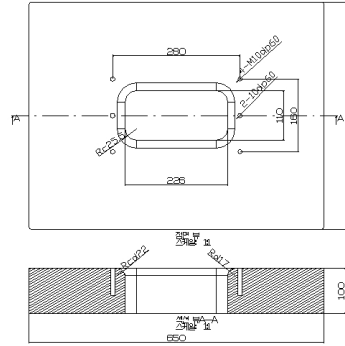
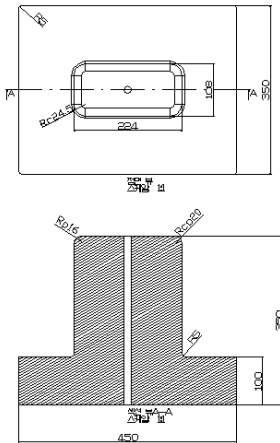


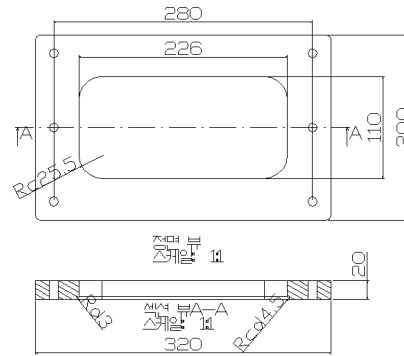
Fig. 6 Circular blank and shape of each process



(c) 1st drawing die plate

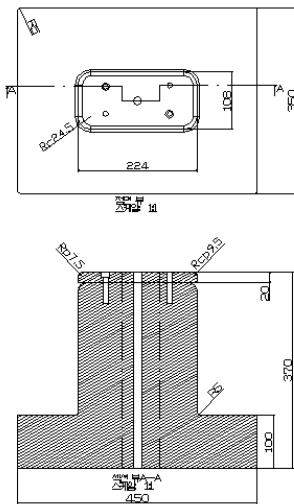


(a) 1st drawing punch



(d) 2nd drawing die plate

Fig. 7 개선된 펀치와 다이플레이트



(b) 2nd drawing punch



(a) 1st drawing forming



(b) 2nd drawing forming

Fig. 8 Drawing forming

### 4.2 비교검토

종래의 Fig. 6과 같은 블랭크 전개와 공정별 형상을 예측하는 공법을 배제 시키고, Fig. 9와 같은 전개도를 작도하여 코너부위를 Fig. 10과 같이 수정한 최종 블랭크를 작도 하였다.

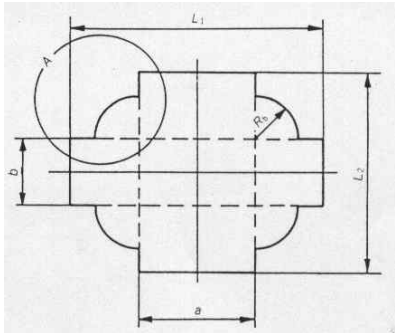


Fig. 9 Drawing of blank

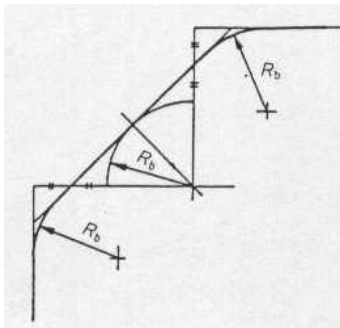


Fig. 10 Modification of corner

제1차 드로잉에서 제품의 장변(L=224mm)과 단변(W=108mm)을, 그리고  $R_p=16.0$  mm,  $R_c=24.5$ mm,  $R_d=17.0$ mm,  $R_{cp}=20.0$ mm,  $R_{cd}=22.0$ mm 치수로 성형한 후 제 2차 드로잉에서  $R_p=7.5$ mm,  $R_d=3.0$ mm,  $R_{cp}=9.5$ mm,  $R_{cd}=4.5$ mm 치수로 드로잉을 완료 하도록 하였던 바, 제 2차 드로잉에서 파단 되므로 공정을 추가하려 하였으나 이 공법의 성공 사례가 있어 그 방법을 인용하여 펀치와 다이플레이트 구조를 Fig. 7과 같이 수정하여 트라이얼한 결과 성공하게 되었다. 한편, Fig. 6과 같은 공법은 공정별로 L과 W 및  $R_c$ 를 원호상으로 등골게 드로잉하고 최종공정에서 제품도의 형상과 치수대로 리스트라이킹 하므로써 가공을 완료 하므로 드로잉 횟수가 2~3배 정도 증가하게 되고 오일캐닝(Oil Canning)현상

지 수반 하므로 개선할 필요가 있다고 사료 된다.

따라서, 본 연구에서와 같이 제품도 설계시  $R_c$  치수를  $h=(4\sim7.5)R_c$ 의 관계식을 적용하여 작도하고, 제 1차 드로잉에서 제품도와 동일한 형상과 L, W,  $R_c$ 의 치수를 성형한 뒤 Fig. 7과 같이 펀치와 다이플레이트의 구조를 개선하여 2차 드로잉에서  $R_p$ ,  $R_d$ ,  $R_{cp}$ ,  $R_{cd}$ 의 치수를 축소시켜 성형을 마무리하는 공법이 유리 하다고 판단된다.

### 5. 결론

각통 드로잉에서 종래의 공법을 사용하지 않고 펀치와 다이플레이트의 구조와  $R_p$ ,  $R_d$ ,  $R_c$ ,  $R_{cp}$ ,  $R_{cd}$ 의 설계법과 금형의 구조와 작동법을 개선하여 트라이얼한 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

- 1) 종래의 3~4 공정을 2공정으로 완료하게 되었으며 펀치 머리부와 다이플레이트의 구조변경으로 1 벌의 금형으로 1차, 2차 드로잉을 할 수 있었다.
- 2) 제품도 설계시 각통 드로잉의 핵심이 되는  $R_c$ 값 산출을 가장 적합한 값으로 결정할 수 있었다.
- 3) 블랭크 작도에서 원형의 블랭크 또는 타원형의 블랭크로 드로잉할 때 발생하는 오일캐닝현상을 본 공법에서는 방지할 수 있었다
- 4) 각통 드로잉용 금형의 성공인자의 핵심은 제품도 형상 설계이며 특히 펀치와 다이플레이트 설계에서 1차 드로잉용의  $R_p$ ,  $R_d$ ,  $R_c$ ,  $R_{cp}$ ,  $R_{cd}$ 의 결정임을 확인하게 되었다.

### 참고문헌

- [1] 太田哲, “プレス加工・型實用便覧”, 實業圖書, pp.177~178, 1971.
- [2] 김세환, “프레스금형설계공학”, 대광서림, pp.154~155, 169~183, 2006.
- [3] 太田哲, “プレス加工ヒ型技術”, 日刊工業新聞社, pp.64~65, 134~145, 1990.
- [4] 삼성첨단기술연구소, “프레스금형”, 삼성전자(주), pp.307, 342~343, 348~364, 619~627, 2007.
- [5] 김세환, “프레스금형설계기법”, 대광서림, pp.215~216, 225~229, 250~252, 2003.
- [6] Kurt Lange, "Hand Book of Metal Forming",

- McGraw-Hill Book Company, pp. 20-41~20-43, 1985.
- [7] Frank W.Wilson, “Die Design Handbook”, McGraw-Hill Book Company, pp. 10~27, 1964.
- [8] 中材和彦, “プレス絞り加工”, 日刊工業新聞社, pp.44~47, 2002.
- [9] 日本塑性加工學會, “プレス加工”, 日刊工業新聞社, pp.63~64, 2006.
- [10] 新プレス加工データブック編, “新プレス加工データブック”, 日刊工業新聞社, pp.240, 1993.
- [11] 김세환, “플랜지달린 직사각형용기의 디프드로잉용 금형제작에 관한 연구”, 국민대학교 대학원, pp.23~50, 1985.