

## 프레스금형의 드로비드설계에 관한 실험적 연구

김진무 · 송준호\* · 유호영\*\*  
기계공학과

### <요 약>

정사각형 용기의 Deep Drawing 성형성 실험을 다양한 작업조건하에서 수행하였다. 본 연구에서는 재료의 유동상태와 판두께의 국부적 변화량을 성형성의 척도로 사용하였으며, Photo-etching 방법을 이용하여 이들을 측정하였다. Draw Bead의 크기, 블랭크 홀더력의 크기 및 윤활상태의 변화에 따른 정사각형 용기의 들레방향, 대각선방향 및 반경방향으로의 판두께 변화량과 재료의 유동상태를 실험적으로 분석하였다.

---

## An Experimental Study on the Draw Bead Design for Press Die

Kim, Jin-Moo · Song, Joon-Ho · You, Ho-Young

Dept. of Mech. Eng., Dept. of Metal Mold Design, Graduate School of U. O. U.

### <Abstract>

Experiments on the drawability of squared boxes have been performed under various working conditions. In the present work, the pattern of material flow and the local change in the thickness of shell are used as the measures of drawability and they are measured using the photo-etching technique. The size of draw bead, the magnitude of blank holding force and the condition of lubrication have been changed and their effects on the pattern of material flow and the thickness of shell along the circumferential, diagonal and radial

---

\* 울산전문대학 금형설계과

\*\* 울산대학교 대학원

directions of the squared boxes have been analyzed experimentally.

## 1. 서 론

판재 성형(sheet metal forming)은 다양한 제품을 생산해 내는 경제적 생산 수단으로 현대 산업에서 중요한 위치를 차지하고 있으며 딥 드로잉(deep-drawing)가공은 판재 성형 가공 중에서 매우 중요한 가공법으로 평가되고 있다. 딥 드로잉 성형에 있어 변형 거동은 굽힘, 드로잉, 스트레칭, 아이어닝 및 이들의 조합으로 구성된 복잡한 변형 모드를 포함하고 있으며,<sup>(1)</sup> 재료자체의 성형성(formability), 이방성(anisotropy)등의 기계적 성질이나 공구상태, 표면 윤활상태, 성형속도, 성형압력 등에 따라 가공상태가 달라진다. 드로잉 공정은 피가공체인 판재의 체적과 비교하여 판재와 금형의 접촉 면적이 크므로 접촉부의 마찰력이 판재의 성형에 미치는 영향이 매우 크다. 딥 드로잉 가공중에 발생하는 문제점은 펀치 어깨부에서의 파단(crack)과 플랜지부의 주름현상(wrinkling)을 대표적으로 생각할 수 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 블랭크 홀더면 상에 드로비드(draw bead)를 설치하여 재료의 유입방향과 반대방향으로 적당한 장력과 마찰을 부가하여 재료의 유동상태를 효과적으로 제어할 수 있다. 드로비드는 형상, 높이, 길이, 설치된 위치에 따라서 유동조건을 변화시킬 수 있고, 마찰상태에 많은 영향을 미치는 요소로서 블랭크홀더력과 윤활을 고려할 수 있다.

딥 드로잉에 관한 연구는 Swift<sup>(2)(3)</sup>가 2축 인장, 굽힘, 아이어닝(ironing)가공을 받는 판재의 불안정성에 대해 연구하였고, Chung & Swift<sup>(4)</sup>는 간단한 컵형 드로잉에 관하여 연구했으며, 이와같은 연구들은 Willis<sup>(5)</sup>, Alexander<sup>(6)</sup>등에 의하여 잘

약 되었다. 河合望<sup>(7)</sup>과 Johnson<sup>(8)</sup>등은 일반 드로잉 공정에서 블랭크 홀더의 유무에 따른 재료의 플랜지부에 발생하는 주름에 관한 연구를 하였고 Nine<sup>(9)</sup>은 판재 성형과정에서 드로비드가 미치는 영향에 대한 변형기구를 분석하였다. 그러나 대부분의 연구들은 측대칭 문제에 대한 실험 및 해석에 국한되어 왔고, 사각형 용기의 성형에 대한 연구 및 기술적 검토에 관한 연구는 아직 미진한 상태이다.

따라서 본 연구에서는, 정사각형 단면을 가지는 사각형 용기의 딥 드로잉 성형에 있어 드로비드의 유무 및 크기의 변화, 블랭크 홀더력과 윤활 조건을 변화시켜 이에 따른 재료의 유동 상태를 파악하여 변수들의 성형에 대한 상관관계를 살펴보는 데 그 목적이 있다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2-1. 실험장치

본 연구에 사용된 실험장치는 그림 1에 나타낸 바와 같이, 프레스, 금형, 펀치구동부, 변위측정부, 변위 및 하중 데이터신호처리 시스템등으로 구성되어 있다.

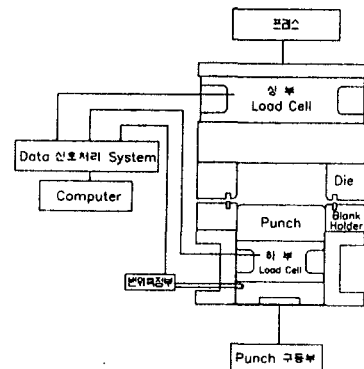


그림 1. 실험장치도

금형의 주요 치수는 표 1에 나타내었다. 그 구성은 다이, 펀치, 블랭크홀더, 블랭크홀더력과 펀치력을 측정하는 두개의 로드셀(load cell)로 되어 있다. 다이의 형상은 그림 2와 같다. 드로비드를 다이 구멍에서 19mm, 길이는 각각 160mm, 120mm, 80mm이고, 높이는 4mm로 블랭크홀더측에 설치하였고, 비드가 없는 경우의 실험을 위해서 다이와 블랭크홀더의 빈 공간을 메운 후 평면연삭 하였다. 비드의 형상은 그림 3과 같다.

표 1 다이와 펀치의 주요 치수  
(단위 : mm)

	크 기	코너 반경	어깨 반경
다 이	202.20	21.10	10.00
펀 치	199.50	19.75	12.00

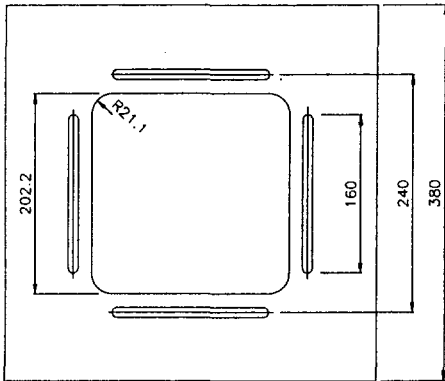


그림 2. Die의 형상

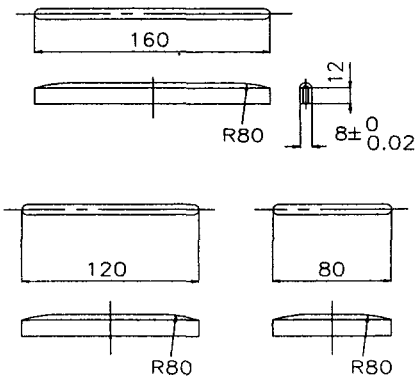


그림 3. Draw Bead의 형상

## 2-2. 실험방법

비드의 설치 유무 및 크기 그리고 윤활상태 및 블랭크홀더력을 변수로 잡고 성형하여 판재의 유동상태를 분석 하였다. 실험치는 비드의 유무 및 크기(4가지) 그리고 윤활제의 점도가 다른 각각의 경우(2가지), 블랭크 홀더력이 높은 경우와 낮은 경우(2가지)를 조합하여 측정하였다. 판재 크기는 두께 0.9mm인 냉연장판(SCP1) 330×330(mm)을 사용하였다. 성형깊이는 45mm로 정하였다. 코너컷의 결정은 비드가 없을 경우 최적의 성형이 되는 90mm로 통일하였다. 성형된 소재의 유동상태를 관찰하기 위해서 판재의 표면에 5mm의 정사각형의 격자를 Etching하여 새겨 넣었고, 윤활제는 동점성계수가 각각 32, 430(CST)인 것을 사용하였다. 블랭크 홀더력의 결정은 예비실험을 통하여, 높은 블랭크홀더력은 비드가 없을때 파단되지 않고 성형이 이루어지는 상한치인 47ton 부근으로 정하고, 낮은 블랭크홀더력은 주름이 발생하지 않는 하한치인 33ton 부근으로 정하여 실험하였다. 블랭크 홀더력과 펀치력의 측정은 상하 로드셀에서 나오는 신호를 변위와 더불어 컴퓨터에 받아서 데이터 파일로 저장하였다.

변형율은 현대자동차(주)에서 보유하고 있는 ASAME(The Automated Strain Analysis And Measurement Environment)의 장비를 사용하여 해석하였고, 두께 진변형율을 그림 4와 같이 둘레방향, 대각선방향, 반경방향을 따라 분석하였다. 유입량은 그림 4에서 나타낸 방향과 같이 다이 어깨의 라운드가 시작되는 선을 따라 직선부의 중점을 기준으로 유입되는 길이를 측정하여 분석하였다.

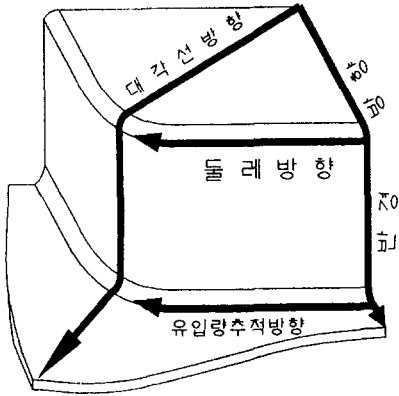


그림 4. 두께변형률과 유입량 추적 분석 방향

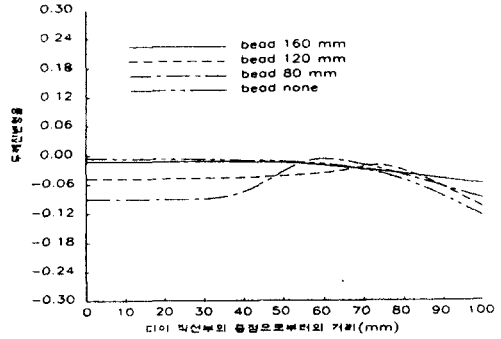


그림 5. Holder 압력이 작고 윤활유 점도가 높을 경우 둘레방향에 따른 두께진 변형률의 변화(-LH)

### 3. 결과 및 검토

#### 3-1. 둘레 방향의 두께변화

##### 1) 드로비드 길이에 의한 영향

그림 5, 6, 7, 8은 펀치 어깨부와 접촉하는 용기 벽부분의 두께진변형률을 직선부의 중점에서 코너부까지 나타낸 것이다. 비드가 없는 경우와 비드 길이 160mm일 경우는 다이 직선부에서 두께 변화가 거의 없다가 코너부에서 두께가 감소하는 경향을 보인다. 비드가 없는 경우는 크게 감소하는 경향을 보이고, 비드 길이 160mm인 경우는 작게 감소하는 경향을 보였다. 비드 길이 120mm인 경우와 비드 길이 80mm인 경우는 비드가 설치된 부분에서는 두께가 감소된 상태로 일정하다가, 비드가 설치되지 않은 부분에서는 감소량이 0에 근접하고, 코너부에서 두께가 급격히 감소하는 경향을 보이는데, 비드 길이가 80mm일 경우에 두께 감소가 큰 경향을 보였다. 블랭크홀더력이나 윤활유 점도에 따라 근소한 두께 감소량의 차이는 있으나 모두 같은 양상을 나타내었다.

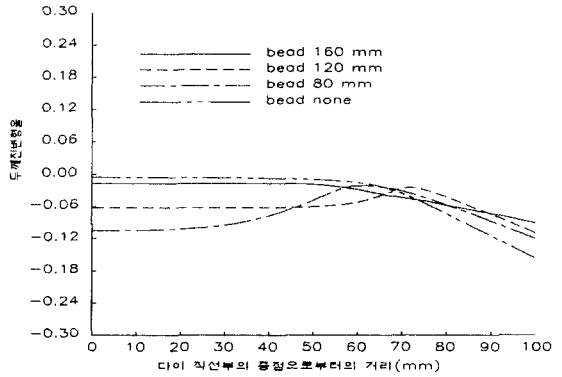


그림 6. Holder 압력이 작고 윤활유 점도가 낮을 경우 둘레방향에 따른 두께진 변형률의 변화(-LL)

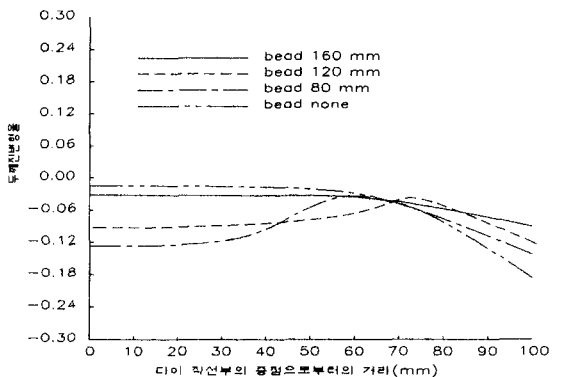


그림 7. Holder 압력이 크고 윤활유 점도가 높을 경우 둘레방향에 따른 두께진 변형률의 변화(-UH)

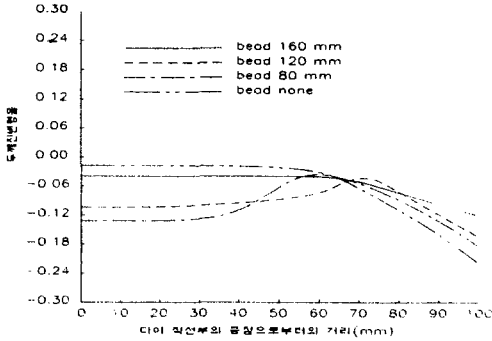


그림 8. Holder 압력이 크고 윤활유 점도가 낮을 경우 돌레방향에 따른 두께 진 변형율의 변화(-UL)

비드가 없는 경우는 코너부의 압축 가공에 의한 유입저항이 커서 코너부에서 두께 감소가 심하게 되는 경향을 보였다. 비드가 160mm인 경우는 비드에 의한 직선부의 저항이 커지므로 상대적으로 코너부의 유입저항이 감소하여 두께 감소량이 작은 경향을 보였다. 드로비드 길이가 120mm, 80mm의 경우는 비드가 설치된 부분에서의 비드에 의한 국부적인 큰 유입 저항으로 인한 스트레칭에 의해서 두께가 감소되고, 비드가 설치되지 않은 직선부에서는 아주 작은 유입 저항에 의해 두께 변화가 거의 없다가 코너부의 큰 유입저항에 의해서 두께가 급격히 감소하는 경향을 나타내었다고 판단된다.

위의 네가지 종류의 실험결과, 비드 길이 160mm인 경우가 두께 감소가 가장 작은 양상을 나타내었다. 이는 유입저항의 고른 배분에 의해서 코너부의 상대저항이 감소한 데 기인한 것으로 판단된다.

2) 블랭크홀더력과 윤활에 의한 영향

그림 9, 10, 11, 12는 비드 길이를 일정하게 하고 홀더력과 윤활유 점도를 변화시킨 것인데, 비드가 없는 경우와 비드 길이 160mm의 경우, 블랭크 홀더력이나 윤활유 점도의 영향이 적게 나타나는 경향을 보인다. 비드 길이 120mm, 80mm 경우에는

블랭크 홀더력이 크면, 작은 경우 보다 두께 감소가 전반적으로 다소 크게 나타나고, 윤활유 점도의 영향은 다소 적게 나타나는 경향을 보였다.

위의 네가지 경우(none, 160, 120, 80mm)의 실험결과 홀더력이 작고 윤활유 점도가 클 경우에 두께가 가장 많이 감소하는 양상을 나타냈다. 이는 유입저항이 작아서 두께가 감소하는 것으로 판단된다.

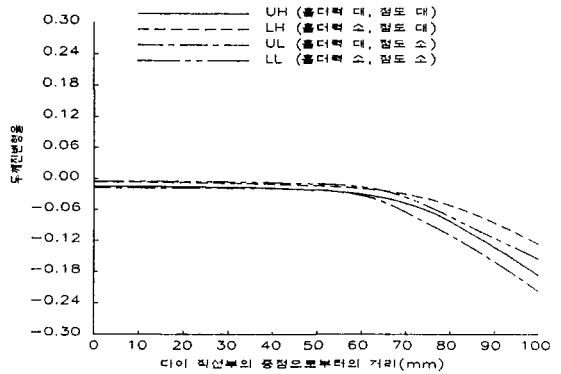


그림 9. Bead가 없을 경우 돌레방향에 따른 두께 진 변형율의 변화

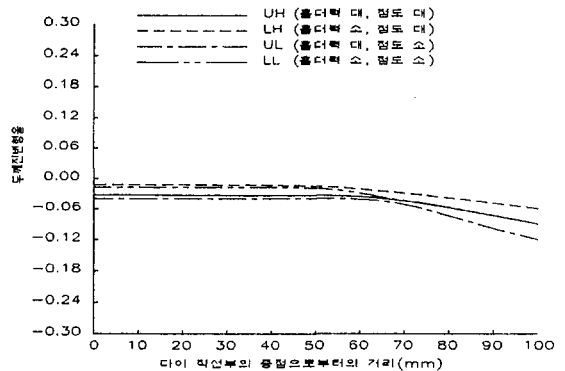


그림 10. Bead가 160mm일 경우 돌레방향에 따른 두께진 변형율의 변화

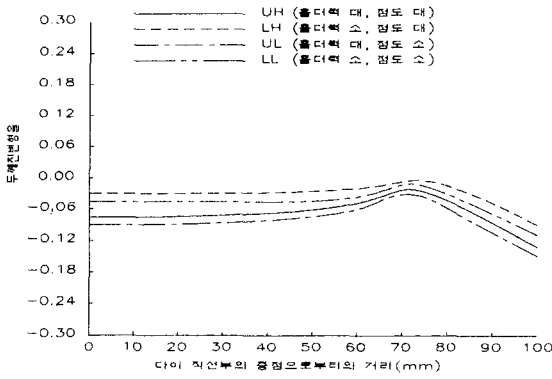


그림 11. Bead가 120mm일 경우 돌레방향에 따른 두께 진변형율의 변화

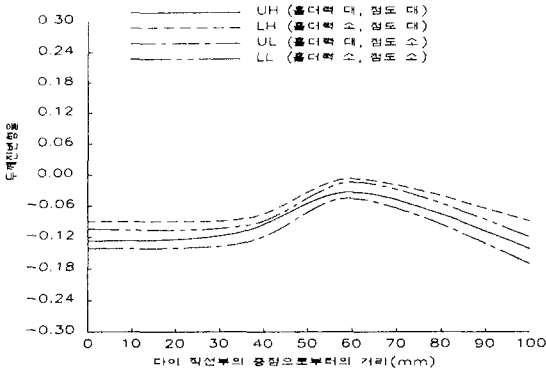


그림 12. Bead가 80mm일 경우 돌레방향에 따른 두께 진변형율의 변화

### 3-2. 대각선 방향의 두께 변화

#### (1) 드로비드 길이에 의한 영향

##### 1) 코너 펀치어깨부의 두께 감소

그림 13, 14, 15, 16은 용기의 중심부에서 코너부를 지나는 선, 즉 대각선 방향의 두께 변화이며, 드로잉시 파단은 대개 펀치어깨부분의 코너부에서 나타나게 된다.

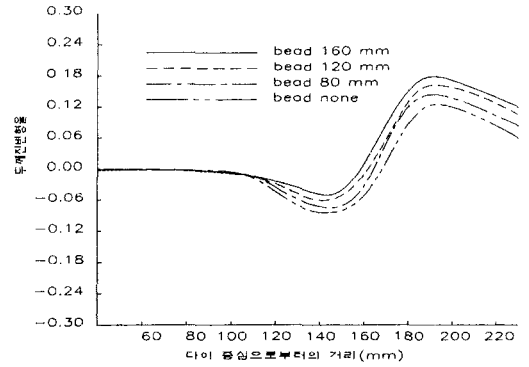


그림 13. Holder 압력이 작고 윤활유 점도가 높을 경우 대각선방향에 따른 두께 진변형율의 변화(--LH)

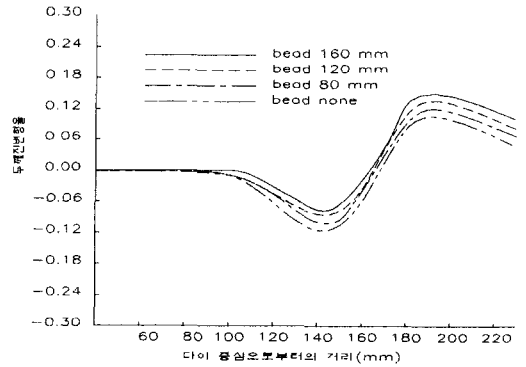


그림 14. Holder 압력이 작고 윤활유 점도가 낮을 경우 대각선방향에 따른 두께 진변형율의 변화(--LL)

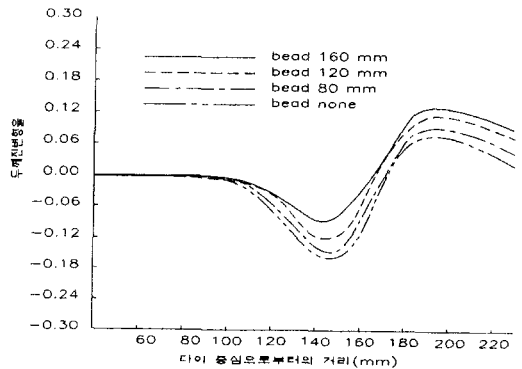


그림 15. Holder 압력이 크고 윤활유 점도가 높을 경우 대각선방향에 따른 두께 진변형율의 변화(--UH)

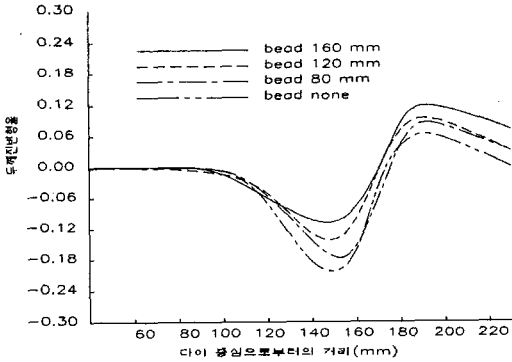


그림 16. Holder 압력이 크고 윤활유 점도가 낮을 경우 대각선방향에 따른 두께 진변형율의 변화(-UL)

네가지 경우 모두 플랜지부에서는 원주방향의 압축응력으로 인해 두께가 증가되어 유입저항이 커지고, 이후 재료 유입에 따라 코너부에서는 스트레칭으로 인해 두께가 감소되며, 용기의 평탄한 바닥면에서는 두께 변화가 없는 양상을 나타냈다.

비드 길이가 160mm일 경우는 다른 경우보다 두께 감소가 작게 나타나는데, 이는 직선부에 분포하여 작용하는 비드 저항에 의해서 코너부의 압축 가공에 의한 저항이 상대적으로 감소하여 이런 경향을 보이는 것으로 판단된다. 비드 길이가 120mm, 80mm일 경우는 비드의 집중저항과 상대적으로 큰 코너부의 유입저항으로 스트레칭에 의해 두께 변화의 편차가 약간 심하게 나타나는 경향을 보였다. 비드가 없는 경우는 플랜지의 유입저항에 의하여 두께 변화가 가장 커지는 경향을 보였다.

2) 플랜지부의 두께의 증가

재료가 플랜지부에서 다이 속으로 유입되면서 원주방향의 압축에 의해서 플랜지부의 재료 두께가 증가하다가 심하면 주름이 발생한다. 비드 길이가 160mm일 경우, 다른 경우보다 두께 증가량이 큰 경향을 보인다. 이는 비드 설치부의 유입저항이 증가하므로 플랜지부의 상대적인 유입저항이 감소한다. 이로 인하여 유동량이 증가하여 다른

경우보다 플랜지 원주방향의 압축변형이 커져서 두께가 증가한다. 비드가 없는 경우나 길이가 작은 경우는 플랜지부의 유입저항이 커서 두께 증가가 작은 것으로 판단된다.

(2) 블랭크 홀더력과 윤활에 의한 영향

1) 코너 펀치어깨부의 두께 감소

그림 17, 18, 19, 20은 블랭크 홀더력 및 윤활유 점도를 변화시킨 것을 보였다. 블랭크 홀더력에 의한 영향은 다소 크고 윤활유 점도에 의한 영향은 다소 적게 나타나는 경향을 보였다. 블랭크 홀더력은 낮고, 고점도 윤활유를 사용한 경우가 두께 감소가 가장 작게 나타나는 경향을 보였다. 네가지 경우 모두 같은 양상을 나타내었다.

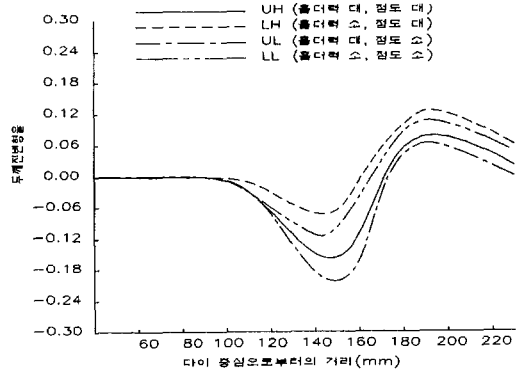


그림 17. Bead가 없을 경우 대각선방향에 따른 두께 진변형율의 변화

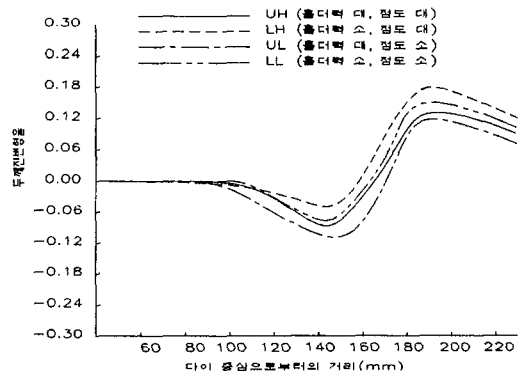


그림 18. Bead가 160mm일 경우 대각선방향에 따른 두께 진변형율의 변화

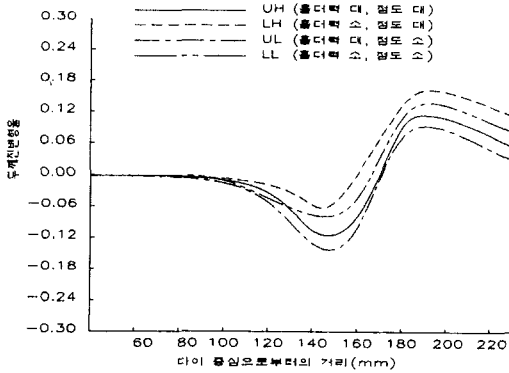


그림 19. Bead가 120mm일 경우 대각선방향에 따른 두께 진변형율의 변화

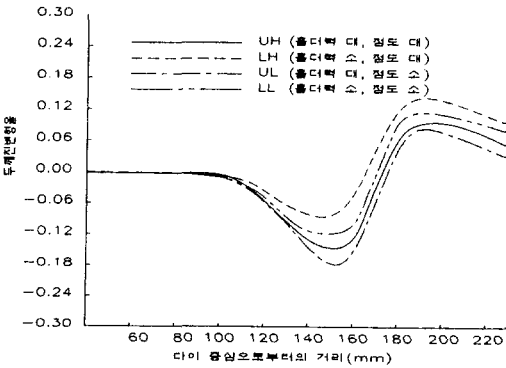


그림 20. Bead가 80mm일 경우 대각선방향에 따른 두께 진변형율의 변화

2) 플랜지부의 두께의 증가

홀더력이 작으면 플랜지부의 두께 증가량은 커지는 경향을 보였다. 직선부의 저항은 홀더력이 클 경우와 거의 같고, 홀더력의 저하에 의한 코너부의 유입저항이 작아지므로 이런 경향을 나타낸다고 판단된다. 윤활유 점도가 높으면 그 영향은 작으나 같은 경향을 보였다.

3-3. 반경방향의 두께 변화

1) 드로비드 길이에 의한 영향

그림 21, 22, 23, 24는 용기의 중심에서 직선부의 중점을 향한 선을 따른 두께 변화를 나타낸 것이다. 비드가 없는 경우는 굽힘만 작용함으로 두께 변화가 거의 나타나

지 않았으며, 160mm의 경우 펀치 어깨부에서 드로비드 저항에 의해서 두께가 약간 감소하는 경향을 보였다. 120mm경우는 측벽부에서 두께 감소가 다소 심하게 나타났고, 80mm경우는 비드 길이가 작아서 발생한 국부적인 저항에 의한 스트레칭으로 인해서 측벽부의 두께가 아주 심하게 감소하는 경향을 보였다.

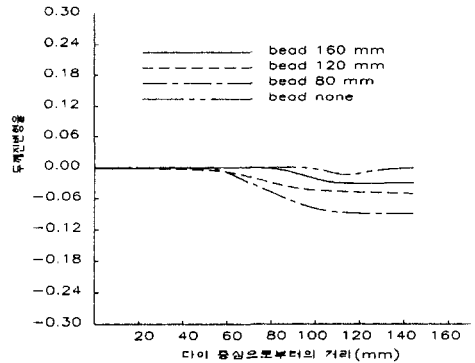


그림 21. Holder 압력이 작고 윤활유 점도가 높을 경우 반경방향에 따른 두께 진변형율의 변화(-LH)

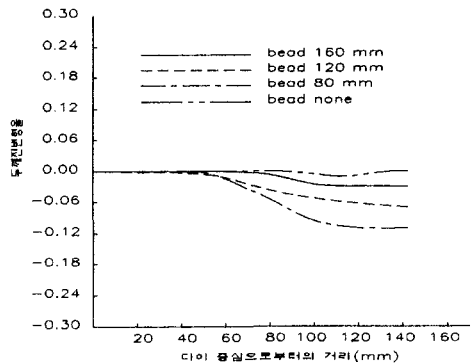


그림 22. Holder 압력이 작고 윤활유 점도가 낮을 경우 반경방향에 따른 두께 진변형율의 변화(-LL)



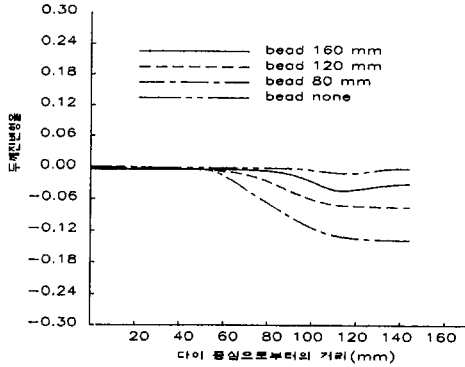


그림 23. Holder 압력이 크고 윤활유 점도가 높을 경우 반경방향에 따른 두께 진 변형율 의 변화(-UH)

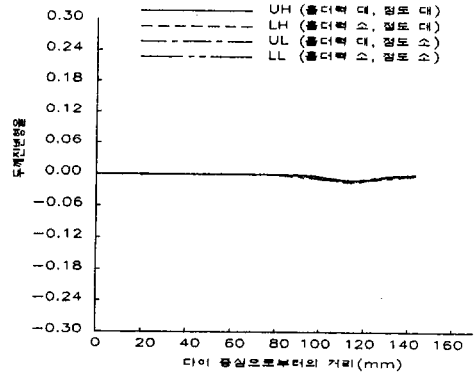


그림 25. Bead가 없을 경우 반경방향에 따른 두께 진 변형율의 변화

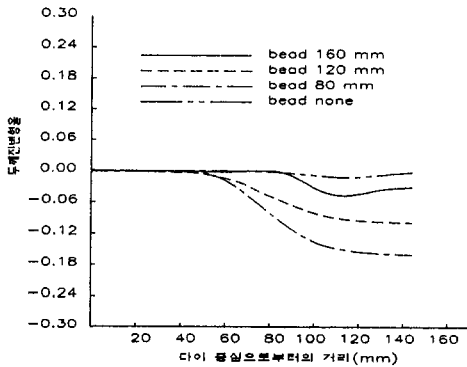


그림 24. Holder 압력이 크고 윤활유 점도가 낮을 경우 반경방향에 따른 두께 진 변형율의 변화(-UL)

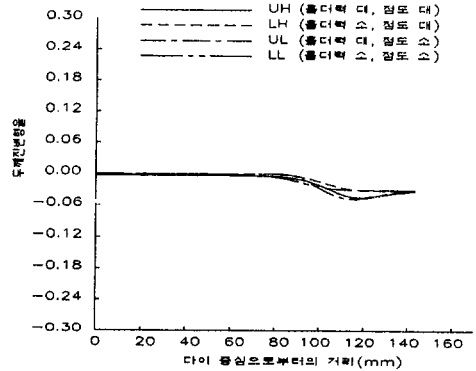


그림 26. Bead가 160mm일 경우 반경방향에 따른 두께 진 변형율의 변화

2) 블랭크 홀더력과 윤활에 의한 영향

그림 25, 26, 27, 28은 홀더력 및 윤활유 점도를 변화시킨 것인데, 비드가 없거나 비드 길이가 160mm일 경우에는 블랭크홀더력이나 윤활유 점도의 영향이 작았다. 비드 길이가 120mm, 80mm일 경우에는 측벽부에서 그 영향이 다소 나타났는데, 이는 블랭크홀더력이 크면 비드에 의한 국부적인 유입저항이 주위에 비해서 상대적으로 증가하고, 윤활유 점도가 낮으면 국부저항이 증가하여 측벽의 두께가 감소한다고 판단된다.

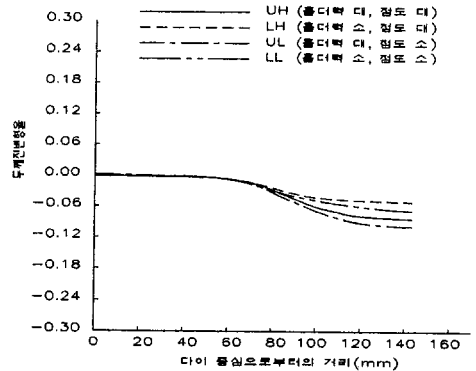


그림 27. Bead가 120mm일 경우 반경방향에 따른 두께 진 변형율의 변화

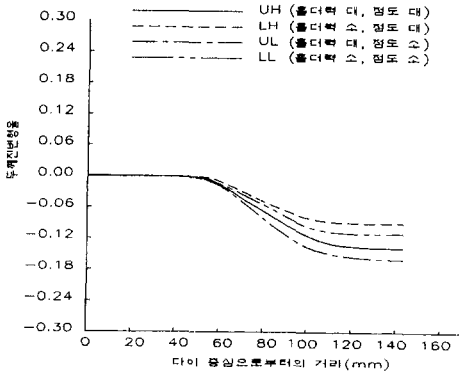


그림 28. Bead가 80mm일 경우 반경방향에 따른 두께 진변형율의 변화

위의 세 방향의 두께 변화를 종합하면 두께 감소가 가장 작은 경향을 보인 것은 비드 길이가 160mm, 블랭크 홀더력이 낮고, 윤활유 점도가 높은 경우이고, 플랜지부의 두께 증가량이 가장 작은 경향을 보인 것은 비드가 없고, 홀더력이 크고, 윤활유 점도가 낮은 경우로 나타났다.

3-4. 유입량

1) 비드 길이에 의한 영향

그림 29, 30, 31, 32는 블랭크 홀더력과 윤활유 점도를 일정하게 유지하고 드로비드 길이를 변화시켜서 용기 직선부의 중점의 유입량을 0으로 잡았을 때의 상대유입량의 변화를 나타내었다.

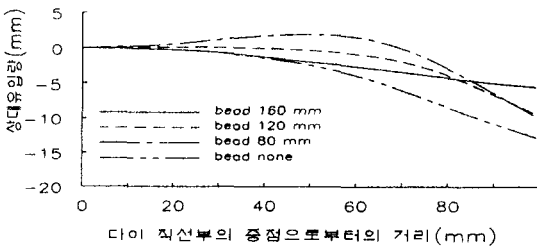


그림 29. Holder 압력이 작고 윤활유 점도가 높을 경우 상대 유입량(-LH)

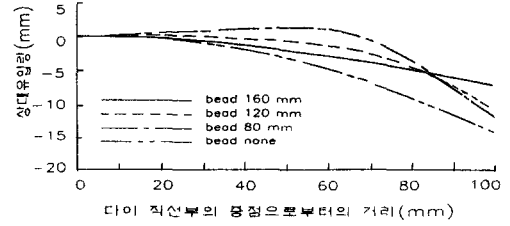


그림 30. Holder 압력이 작고 윤활유 점도가 낮을 경우 상대 유입량(-LL)

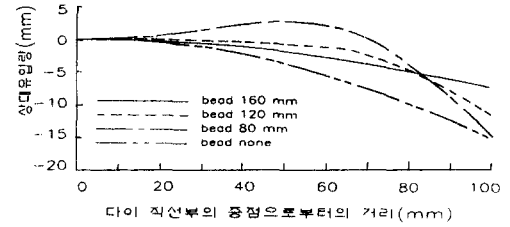


그림 31. Holder 압력이 크고 윤활유 점도가 높을 경우 상대 유입량(-UH)

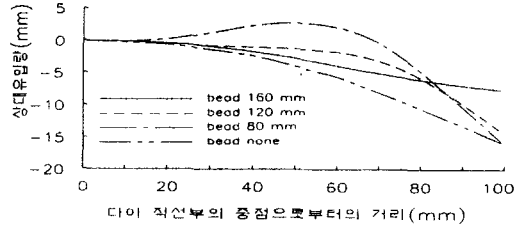


그림 32. Holder 압력이 크고 윤활유 점도가 낮을 경우 상대 유입량(-UL)

비드가 없을 경우는 코너부에서 재료의 유입 감소량이 크고, 비드가 160mm일 때는 코너부에서 유입 감소량이 작고, 비드가 120mm일 경우는 비드가 설치되지 않은 직선부에서는 유입이 다소 커지는 경향을 보였고 코너부에서는 급격히 감소되는 경향을 보였다. 비드 길이가 80mm일 경우는 비드가 설치되지 않은 직선부는 상대유입량이 커서 기준점보다 올라가는 경향을 보이거나 코너부에서는 매우 급격히 감소되어, 다이

변의 전길이에 걸쳐 유입량의 변화가 대단히 심한 현상을 보였다.

비드가 없을 때는 플랜지 원주방향 압축 가공에 의한 저항에 의해서 직선부에 비해서 유입이 크게 감소하며, 비드길이가 160mm 일 경우는 직선부의 비드에 의한 저항의 증가로 코너부의 상대유입량이 증가하고, 비드 길이가 120mm, 80mm일 경우에는 비드에 의한 저항이 코너부까지 영향을 미치지 못하고, 다이 직선부의 곡부저항으로 남아서 코너부의 상대유입량이 작아지는 것으로 판단된다.

2) 블랭크 홀더력과 윤활에 의한 영향

그림 33, 34, 35, 36은 드로비드 길이를 일정하게 유지하고 블랭크홀더력과 윤활유 점도를 변화시킨 경우의 상대유입량의 변화를 나타내었다. 블랭크 홀더력이 낮고 윤활유 점도가 높을수록 코너부에서의 유입량이 다소 큰 경향을 보였다.

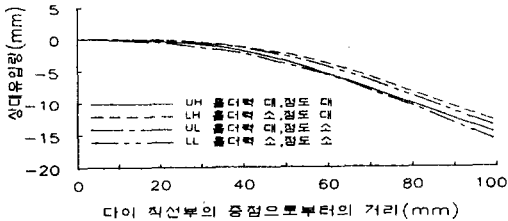


그림 33. Bead가 없는 경우 상대유입량

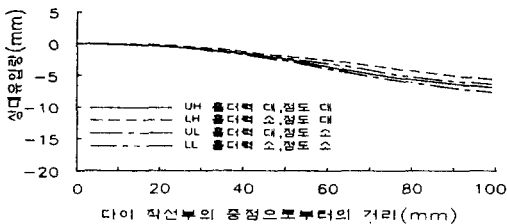


그림 34. Bead 길이가 160mm일 경우 상대 유입량

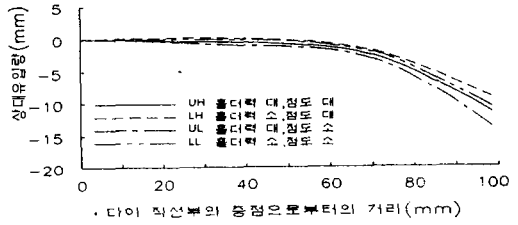


그림 35. Bead 길이가 120mm일 경우 상대 유입량

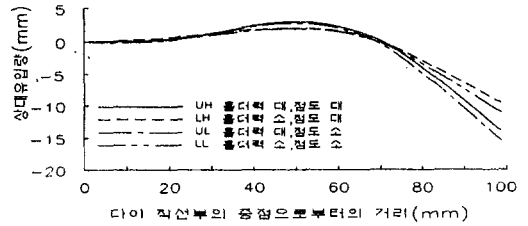


그림 36. Bead 길이가 80mm일 경우 상대 유입량

위의 유입량 분석 결과를 종합하면, 코너부에서 상대 유입량이 가장 큰 경향을 보인 것은 드로 비드 길이가 160mm이고, 블랭크홀더력이 낮고, 윤활유 점도가 높은 경우로 판단된다.

4. 결 론

사각형 용기의 딥 드로잉 성형에 있어 드로 비드의 유무 및 크기의 변화와 블랭크홀더력과 윤활 조건을 변수로 하여 실험하고, 두께 변화량 및 유입량을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 드로비드의 길이가 길수록 코너부의 유입량은 커지며, 두께 감소량은 둘레방향, 대각선방향, 반경방향에 따라 모두 작아지고, 플랜지부의 두께 증가량은 커지는 경향을 보였다.

2. 블랭크 홀더력이 낮으면 유입량은 커지며, 전 방향에서 두께 감소량은 작아지고, 플렌지부의 두께 증가량은 다소 커지는 경향을 보였다.

3. 윤활유 점도가 높으면 유입량은 다소 커지고, 두께 감소량은 다소 작아지며, 플렌지부의 두께 증가량은 다소 커지는 경향을 보였다.

### 참고문헌

- [1] R. A. C. Slater, "Engineering Plasticity", Macmillan Press, pp. 328-341, 1977.
- [2] H. Swift, "Instability of Sheets Subjected to Biaxial Tension", *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, Vol. 1, pp. 1, 1952.
- [3] H. Swift & R. Lowe, "The Ironing of a Sheet Metal", *Institute of Automobile Engineering, Report*, 1945.
- [4] S. Y. Chung & H. Swift, "Cup Drawing from a Flat Blank", *Proceedings of the Institute of Mechanical Engineering*, Vol. 165, pp. 169, 1951.
- [5] J. Willis, "Deep Drawing ; A Review of the Practical Aspects of Professor H. Swift's Researches", *Butterworth Scientific Publication*, 1954.
- [6] J. Alexander, "An Appraisal of the Theory of Deep Drawing", *Metallurgical Reviews*, Vol. 5, pp. 19, 1965.
- [7] 河合望, "深絞りのしわにする限界條件", *日本機械學會論文集*, Vol. 24, pp. 866-873, 1960.
- [8] W. Johnson & Yu, T. X., "The Buckling of Annular Plates in Relation to the Deep Drawing Process", *Int. J. Mech. Sci.*, Vol. 24, pp. 175-188, 1982.
- [9] H. D. Nine, "Draw Bead Forces in Sheet Metal Forming", *Mechanics of Sheet Metal Forming*, Plenum Press, pp. 179-211, 1978.