대한기계학회 2001년도 춘계학술대회논문집 C pp. 616~620 KSME 01S389

사각용기 성형시 주름의 거동에 관한 연구

김 진 무**· 정 영 민*

A Study on the Behavior of Wrinkles in Square Cup Drawing

Jin Moo Kim, Young Min Chung

Key Words: Blank Holder Pressure(BHP)(블랭크홀더 압력), Wrinkle(주름), Drawing Ratio(성형비), Lubricant(윤활제), Square Cup Drawing(사각용기 성형)

Abstract

The wrinkling in the flange and wall of a part is a predominent failure mode in stamping of sheet metal parts. In many cases this wrinkling may be eliminated by appropriate control of the blank holding force(BHF), but BHF affects the draw depth. Although the wrinkles of flange have been made in the incipient stage of drawing, if the height of wrinkles is maintained under a prescribed limit by decrease or extinction of wrinkles in the course of drawing, small BHP can be allowed so that the depth of drawing could be increased.

Authors research the variation of the wrinkles in flange in the course of square cup drawing by using aluminium A1015 and aluminium alloy A5052.

1. 서 론

판재의 프레스성형에서 주된 불량현상으로는 재료의 부족부분에 발생하는 균열과 재료의 여분이 생기는 부분에서 발생하는 주름을 들 수 있다. 균열과 주름에 대해서는 현재까지 실험과 이론의 양면에서 많은 연구가 이루어져 있다. 그러나 주름은 소재의 재질과 두께 이외에도 제품의 형상, 소재의 구속조건 등에 크게 영향을 받으므로 극히 한정된 상황에 대해서만 주름을 억제하는 조건에 관해서 연구가 행해지고 있다. 원통용기의 성형시 플랜지에 발생하는 주름을 억제하는 조건에 관해서는 Miyagawa[1),(2)], Kawai[(3)-(5)] 등에 의해서 상세히 연구된 바 있다. 그러나 실제 프레스가공품의 형상은 복잡하고 다양한데 연구의 대부분은 원용기에 관한 것이고, 정사각형을 포함해서 원통 이외의 형상을 가진 용기의 성형에 관한 것[(6),(7)]은 많지 않다. 일반적으로 주름을 억제하는 방법으로 블랭크홀더력을 가하는데 블랭크홀더력이 커지면 펀치력이 증가하고 한계드로잉비는 감소한다. 블랭크홀더력을 작게 해서 비록 가공 초기에 용기의 플랜지에 작은 주름이 발생하더라도 성형과정에서 주름높이의 감소나 소멸로 성형된 용기의 벽에 일정한 한계값 이하가 된다면 블랭크홀더력의 사용영역이 넓어지고, 펀치력의 감소로 한계드로잉비가 증가되어서 용기의 성형에 유리하다.

* 울산대학교 대학원 기계공학과
** 울산대학교 기계자동차공학부

본 연구에서는 정사각용기를 성형할 때 초기에 플랜지에서 발생한 주름이 성형과정에서 주름높이가 변화하는 것을 실험적으로 연구한 결과를 제시한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

본 연구에 사용한 실험장치는 프레스(side frame type, PDH-250, 복동, 250ton, 120ton, 동성개발㈜)에 펀치, 다이, 블랭크홀더, 로드셀 등을 설치하여 구성하였다.

2.2 실험조건

실험에 사용한 판재의 재질은 알루미늄 A1015와 알루미늄합금 A5052이고 두께는 0.85mm이다. Fig. 1은 실험에 사용한 금형의 형상과 치수를 나타낸 것으로 한 변의 길이가 105mm인 정사각단면이고, 다이의 모서리반경은 15mm이며 형상계수(shape factor, SF는 모서리반경/한 변의 길이)는 0.143이다. 펀치와 다이 사이의 틈새는 1.4mm이고 펀치와 다이의 어깨반경은 각각 10mm와 12mm이다. 시험에는 성형이 용이하게 되도록 테프론 테이프를 윤활제로 사용하였다.

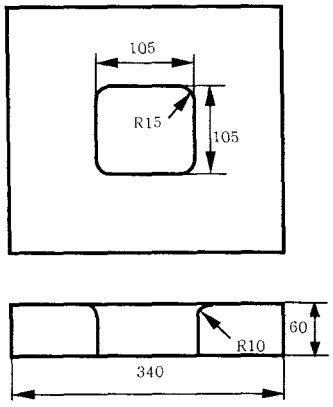


Fig. 1 Shape of die with square section

2.3 실험방법

시험편의 형상은 정사각형판재의 모서리를 코너한 팔각형이고, 성형된 용기의 표면적과 팔각형소재의 표면적이 거의 같도록 정사각형소재의 모서리를 코너컷하였다. 시험편의 드로잉비(drawing ratio, DR는 (블랭크단면적/펀치의 단면적))는 1.89이다. 용기의 성형 초기에 발생한 플랜지의 주름을 전자마이크로메타로 측정한 후, 계속 성형하여 초기에 주름이 발생했던 플랜지부분이 용기벽의 일부분이 되도록 하였다. Fig. 2는 주름높이를 1/1000mm까지 측정할 수 있는 전자마이크로메타를 나타낸 그림이다.

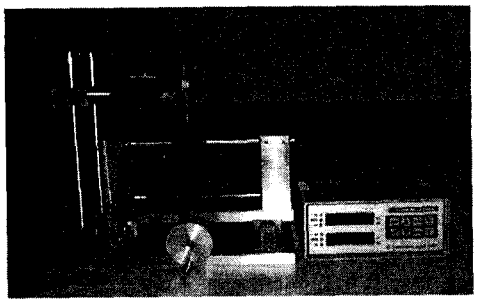
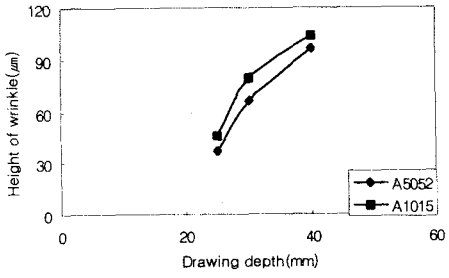


Fig. 2 shows measurement system

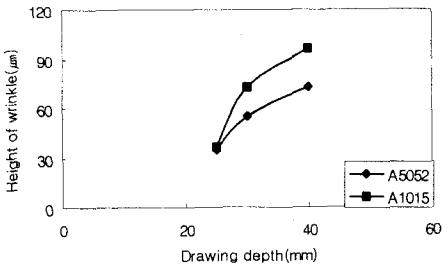
3. 해석결과 및 고찰

본 실험에서 사용된 소재(알루미늄 A1015와 알루미늄합금 A5052)는 성형성이 좋지 못하여 성형이 가능한 블랭크홀더 압력(blank holder pressure, BHP)과 드로잉비의 영역이 넓지 않다.

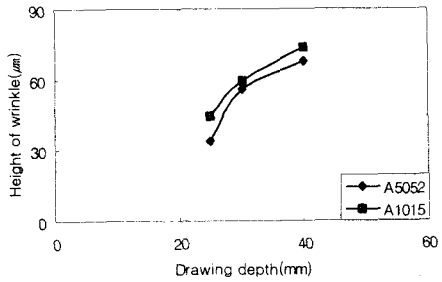
Fig. 3은 플랜지의 직선부에서 발생한 주름높이를 성형깊이에 따라 나타낸 그림이다. A1015측이 A5052보다 주름높이가 조금 크게 발생하였다. 블랭크홀더 압력에 관계없이 두 경우 성형깊이가 커지면 공히 주름높이가 증가함을 알 수 있다.



(a) BHP, 0.05(kgf/mm²)
(continued)

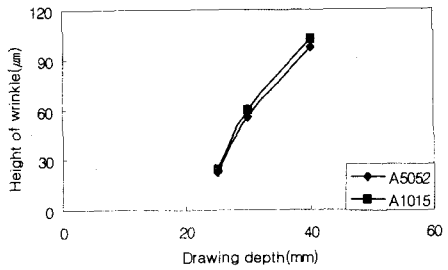


(b) BHP, 0.1(kgf/mm²)

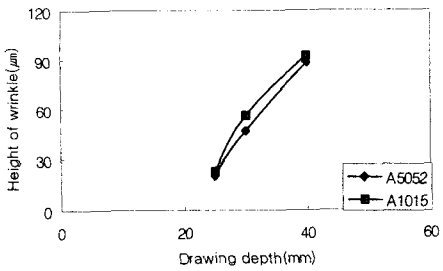


(c) BHP, 0.2(kgf/mm²)

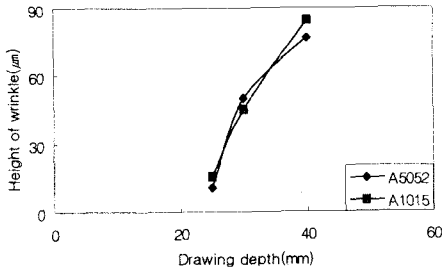
Fig. 3 Height of wrinkles versus drawing depth in straight side with A1015 and A5052



(a) BHP, 0.05(kgf/mm²)



(b) BHP, 0.1(kgf/mm²)

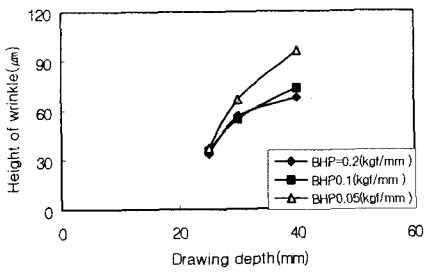


(c) BHP, 0.2(kgf/mm²)

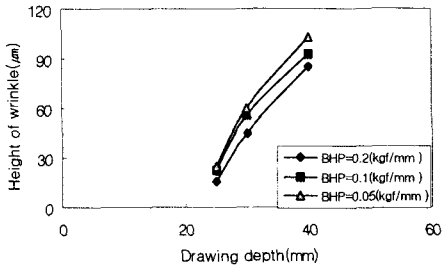
Fig. 4 Height of wrinkles versus drawing depth in the corner with A1015 and A5052

Fig. 4는 성형깊이가 증가할 때 플랜지의 코너부에서 발생한 주름높이의 변화를 나타낸 그림이다. 전체적으로 A1015측과 A5052측의 주름높이를 비교하면 그 차이는 크지 않았다. 두 경우 공히 플랜지의 직선부와 같이 블랭크홀더 압력과는 무관하게 성형깊이가 커짐에 따라 주름높이는 증가하였다.

Fig. 5는 A1015를 소재로 하여 사각용기를 성형할 때 블랭크홀더 압력을 증가함에 따라 플랜지의 직선부와 코너부에서 발생하는 주름높이의 변화를 나타낸 그림이다. Fig. 5(a)와 (b)로부터 성형깊이가 증가할 때 블랭크홀더 압력이 커지면 공히 주름높이가 감소하지만, 주름높이가 증가하는 경향은 플랜지의 직선부에서는 완만하고 플랜지의 코너부에서는 급격함을 알 수 있다. 최종 주름높이는 플랜지의 직선부에서는 104㎛에서 73.4㎛으로, 플랜지의 코너부에서는 102.6㎛에서 84.6㎛으로 각각 감소하였다.



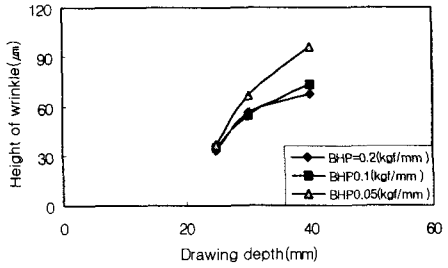
(a) straight side (continued)



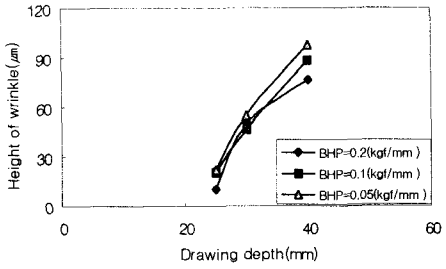
(b) corner

Fig. 5 Relations between height and BHP (A1015)

Fig. 6은 A5052판재로 용기를 성형하였을 때 플랜지의 코너부에 발생한 주름높이의 변화를 성형깊이에 따라 나타낸 그림이다. Fig. 6(a)와 (b)로부터 이 경우도 A1015의 경우와 유사하게 블랭크홀더 압력이 증가하면 주름높이의 증가는 플랜지의 코너부가 플랜지의 직선부보다 급하게 변화하였다. 최종 주름높이는 플랜지의 직선부에서는



(a) straight side

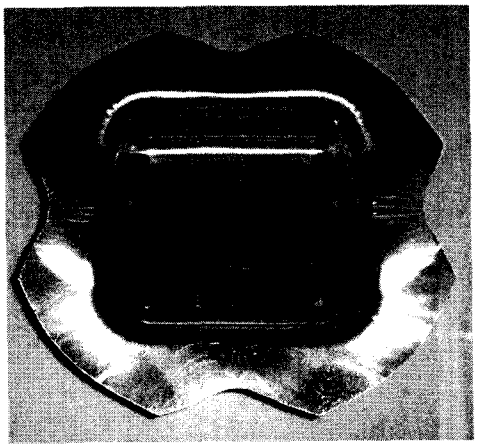


(b) corner

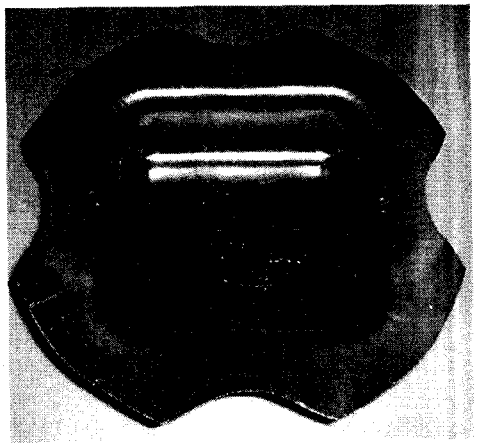
Fig. 6 Relations between height and BHP (A5052)

96.4㎛에서 67.4㎛로, 플랜지의 코너부에서는 97.7㎛에서 76.6㎛으로 각각 감소하였다. 블랭크홀더 압력의 변화에 따라서 플래지의 직선부와 코너부에서 발생한 주름높이의 변화는 크지 않음을 알 수 있다.

Fig. 7은 A1015와 A5052판재로 성형깊이를 40mm까지 사각용기로 성형하였을 때 그림을 나타낸 것으로 플랜지의 직선부와 코너부에 각각 주름이 발생한 것을 확인 할 수 있다.



(a) A1015



(b) A5052

Fig. 7 Wrinkles of Flange (depth, 40mm)

4. 결 론

(1) A5052판재인 경우, 플랜지의 직선부와 코너부의 주름높이는 거의 같았다.
(2) A1015판재에 발생한 주름높이가 A5052판재에 발생한 주름높이보다 조금 컸다.
(3) 블랭크홀더 압력의 변화에 따른 주름높이의 변화는 플랜지의 코너부에서보다 직선부에서 컸다

참고문헌

(1) Matsuo Miyagawa, 1957, "Mechanism of Wrinkling in Deep Drawing of Sheet Metals, 1st Report", J. of JSME, Vol.23.No.130, pp.390~398.
(2) Matsuo Miyagawa, 1957, "Mechanism of Wrinkling in Deep Drawing of Sheet Metals, 2nd Report", J. of JSME, Vol.23.No.130, pp.399~ 407.
(3) Nozomu Kawai, 1960, "Critical Conditions of Wrinkling in Deep Drawing of Sheet Metals, 1st Report", J. of JSME, Vol.26.No.166, pp.850~857.
(4) Nozomu Kawai, 1960, "Critical Conditions of Wrinkling in Deep Drawing of Sheet Metals, 2nd Report", J. of JSME, Vol.26.No.166, pp.857~863.
(5) Nozomu Kawai, 1960, "Critical Conditions of Wrinkling in Deep Drawing of Sheet Metals, 3rd Report", J. of JSME, Vol.26.No.166, pp.864~873.
(6) Ahmetoglu M. et al., 1995, "Control of Blank Holder Force to Eliminate Wrinkling and Fracture in Deep-Drawing Rectangular Parts", CIRP 44, pp. 347~350.
(7) Murata A., Ebine Y. & Matsui M., 1992, "Effect of Blank Holding Force Control on Deep Drawablity of Square Shell", J. of JSTP 33-375, pp.411~416.