

## AL합금의 용기 성형시 주름의 거동에 관한 연구

김진무\*(울산대 기계자동차공학부), 최용식\*\*\*(울산대 기계자동차공학부)

### A Study on the Behavior of Wrinkles in Cup Drawing with AL alloy

J. M. Kim(School of Mech. & Auto. Eng., UOU), Y. S. Choi(School of Mech. & Auto. Eng., UOU)

#### ABSTRACT

The wrinkling in the flange and wall of a part is a predominant 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. Gotoh had studied the wrinkles under 0.02mm in height. In general, the height of wrinkles could be limited under 0.2mm practically. Therefore 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 cup drawing by using aluminium alloy A1050 and A5052.

**Key Words :** Blank Holder Pressure(BHP, 블랭크홀더압력), Wrinkle(주름), Drawing Ratio(성형비), Lubricant(윤활제), Cup Drawing(용기 성형)

#### 1. 서론

판재의 프레스 성형에서 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<sup>(1), (2)</sup>, Kawai<sup>(3)~(5)</sup>등에 의해서 상세히 연구된 바 있다. 그러나 실제 프레스 가공품의 형상은 복잡하고 다양한데 연구의 대부분은 원통용기에 관한 것이고, 정사각형을 포함해서 원통 이외의 형상을 가진 용기의 성형에 관한 것<sup>(6), (7)</sup>은 많지 않다. 일반적으로 주름을 억제하는 방법으로 블랭크홀더력을 가하는데 블랭크홀더력이 커지면 편치력이 증가하고 한계드로잉비는 감소한다. Gotoh<sup>(8)</sup>는 주름높이가 0.02mm 이하일 때 블랭크홀더압력이 관해서 연구한 바가 있다. 그러나

일반적으로 실용적인 면에서 인지되는 주름의 높이는 0.2mm 이상으로 하고 있는 것 같다<sup>(9)</sup>. 따라서 주름을 억제하는데 블랭크홀더압력이 작아도 되므로 블랭크홀더력의 사용영역이 넓어지고, 편치력의 감소로 한계드로잉비가 증가되어서 용기의 성형에 유리하다.

본 연구에서는 알루미늄 합금의 사각 용기를 성형할 때 블랭크홀더압력의 변화에 따라 주름의 높이가 0.02~0.2mm 범위에서 변화하는 것을 실험적으로 조사하고, 그때에 요구되는 블랭크홀더압력과 Gotoh의 식에서 구한 결과와 비교하였다.

#### 2. 실험장치 및 방법

##### 2.1 실험장치

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

##### 2.2 실험조건

실험에 사용한 판재의 재질은 알루미늄 합금 A1050

과 A5052이고 두께는 0.8mm이다. Fig. 1은 실험에 사용한 금형의 형상과 치수를 나타낸 것으로 한 변의 길이가 105mm인 정사각단면이고, 다이의 모서리 반경은 15mm이며 형상계수(shape factor, SF=모서리 반경/ 한 변의 길이)는 0.14이다. 편치와 다이 사이의 틈새는 1.4mm이고 편치와 다이의 어깨반경은 각각 10mm와 12mm이다. 시험편에는 성형이 용이하게 되도록 테프론 테이프를 윤활제로 사용하였다.

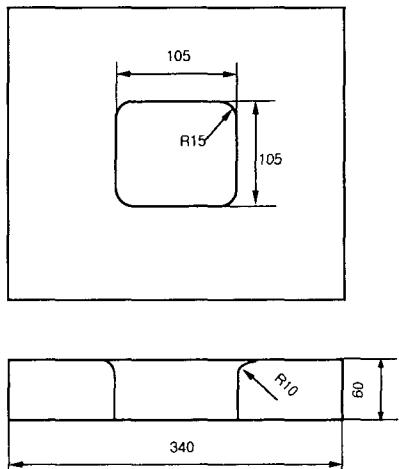


Fig. 1 Shape of die with square section

### 2.3 실험방법

시험편의 형상은 정사각형 판재의 모서리를 코너컷한 팔각형이고, 성형된 용기의 표면적과 팔각형소재의 표면적이 거의 같도록 정사각형소재의 모서리를 코너컷하였다. 시험편의 드로잉비(drawing ratio, DR (블랭크단면적/편치의 단면적)<sup>1/2</sup>)는 1.89이다. 용기의 성형 초기에 발생한 플랜지의 주름을 전자마이크로메타로 측정한 후, 계속 성형하여 초기에 주름이 발생했던 플랜지부분이 용기벽의 일부분이 되도록 하였다. Fig. 2는 주름 높이를 1/1000mm까지 측정할 수 있는 전자마이크로메타를 나타낸 그림이다.

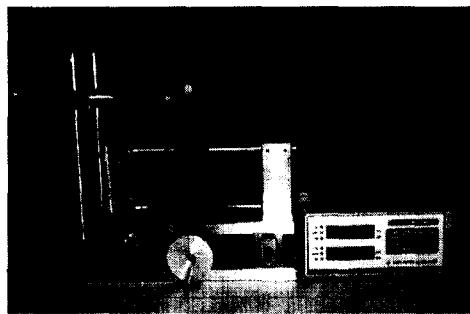
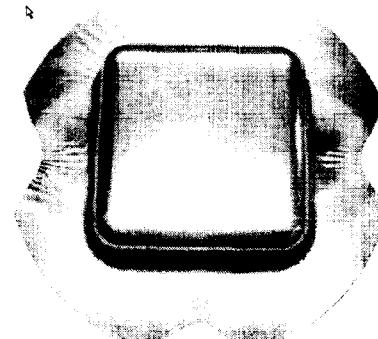


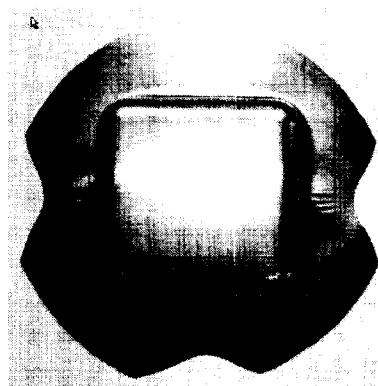
Fig. 2 Measurement system for wrinkles

### 3. 해석결과 및 고찰

본 실험에서 사용된 소재(알루미늄 합금 A1050과 A5052)는 성형성이 좋지 못하여 성형 가능한 블랭크 홀더압력(blank holder pressure, 이하 BHP)과 드로잉비의 영역이 넓지 않다. 일반적으로 가공품 표면의 주름 최대높이가 0.2mm 이상일 때 주름으로 인지되고 있다. 그러나 주름을 억제하는데 요구되는 BHP에 관해서 이용할 수 있는 자료로는 Gotoh가 주름의 최대높이가 0.02mm 이하일 때 제시한 것에 불과하다. 그래서 주름의 최대높이가 0.02~0.2mm 사이에 있을 때 BHP의 결정에 활용할 자료가 있다면 0.02mm 이하의 주름에는 BHP가 작아도 될 것으로 판단되며, 이로 인해서 드로잉비를 크게 할 수 있으므로 성형성에 유리할 것으로 생각한다.



(a) A1050 sheet



(b) A5052 sheet

Fig. 3 Wrinkles of flange(depth, 40mm)

Fig. 3은 A1050과 A5052 판재로 성형깊이를 40mm 까지 성형하였을 때의 그림으로서 플랜지의 직선부와 코너부에 각각 주름이 발생한 것을 알 수 있다.

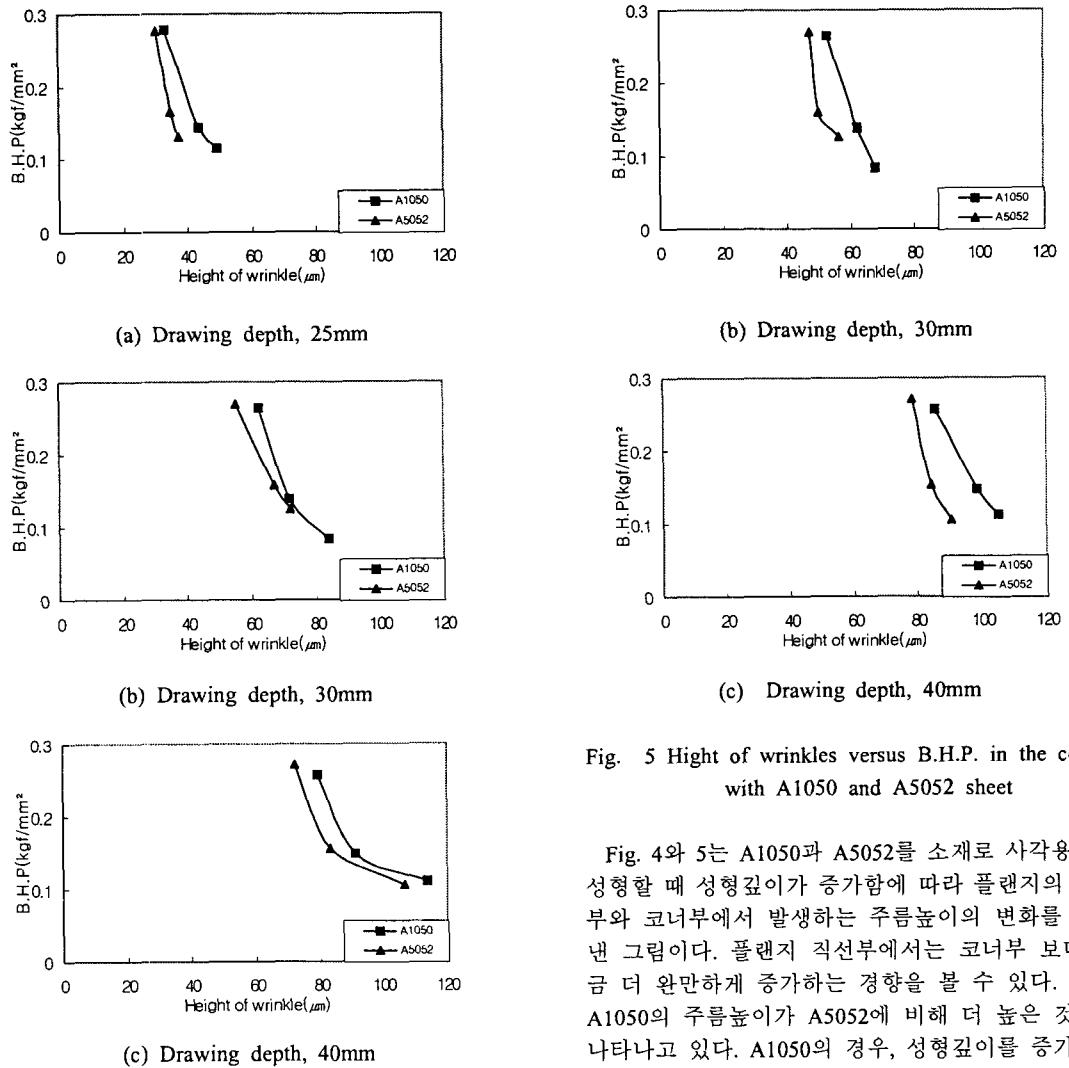
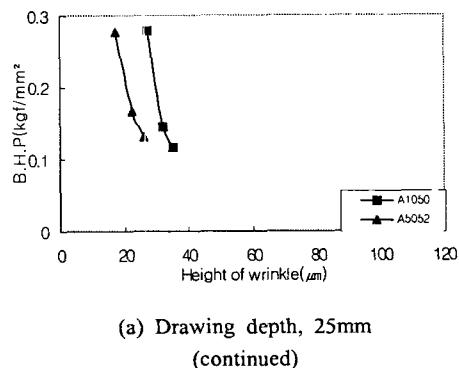


Fig. 4 Height of wrinkles versus B.H.P. in straight side with A1050 and A5052 sheet



- 847 -

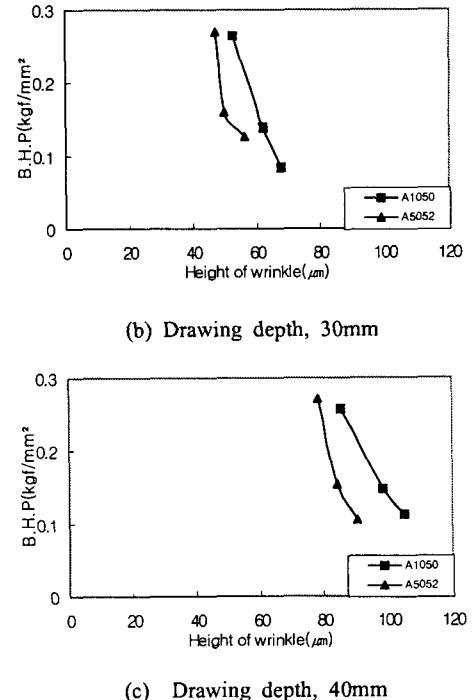
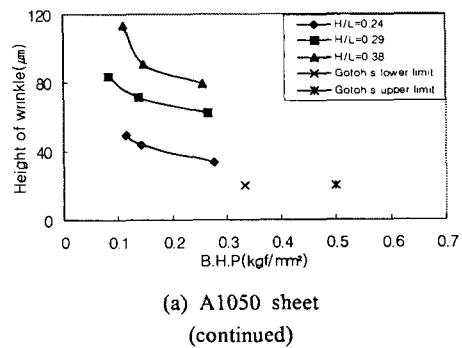
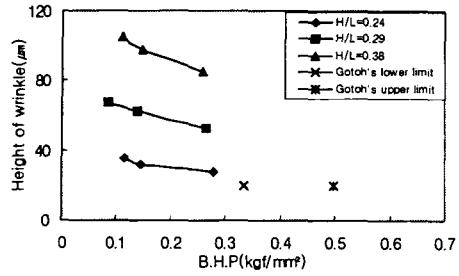


Fig. 5 Height of wrinkles versus B.H.P. in the corner with A1050 and A5052 sheet

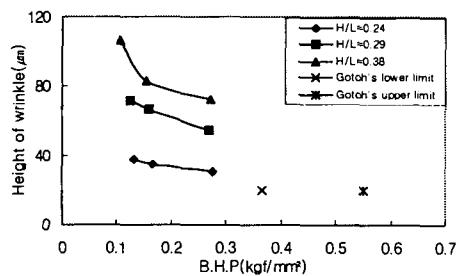
Fig. 4와 5는 A1050과 A5052를 소재로 사각용기를 성형할 때 성형깊이가 증가함에 따라 플랜지의 직선부와 코너부에서 발생하는 주름높이의 변화를 나타낸 그림이다. 플랜지 직선부에서는 코너부 보다 조금 더 원만하게 증가하는 경향을 볼 수 있다. 또한, A1050의 주름높이가 A5052에 비해 더 높은 것으로 나타나고 있다. A1050의 경우, 성형깊이를 증가시키며 측정되어진 최종 주름높이는 플랜지의 직선부에서는 BHP를 0.11~0.26kgf/mm<sup>2</sup>로 증가시켰을 때 114μm에서 79μm로 감소하였다. A5052의 경우, 플랜지의 직선부에서는 BHP를 0.10~0.27kgf/mm<sup>2</sup>로 하였을 때 주름높이는 72~106μm이였다.





(b) A5052 sheet

Fig. 6 Comparison of BHP with Gotoh's in straight side



(a) A1050 sheet

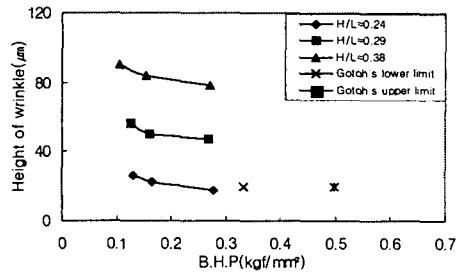


Fig. 7 Comparison of BHP with Gotoh's in the corner

Fig. 6과 7은 A1050과 A5052의 플랜지 직선부와 코너부에서 실험으로 측정한 BHP와 주름높이를 Gotoh의 식으로부터 구한 BHP와의 관계를 보여주고 있으며 그래프는 대체적으로 선형적인 형태를 가진다. 그림에는 Gotoh에 의해 제안된 최소 및 최대BHP를 함께 나타내었다.  $H/L$ ( $H$ 는 성형깊이,  $L$ 은 다이 한변의 길이)이 0.38의 경우, BHP의 비(실험에서 구한 BHP의 측정치/Gotoh의 식에서 구한 계산치)를 구하면 Gotoh의 식에서 구한 최소치에 대해 0.33~0.77이

다. 즉, 주름높이가 약 0.11 mm일 때는 Gotoh에 의해 제안된 값의 약 0.33이여서 BHP가 작아도 되므로 성형깊이에 상당한 영향을 미칠 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

1. 주름의 높이가 79~114 $\mu\text{m}$ 일 때에 블랭크홀더압력은 Gotoh가 제안한 값의 0.33~0.77였으므로 블랭크홀더압력이 작아져 성형깊이를 증가시킬 수 있다.
2. A1050 판재의 경우, BHP를 0.11~0.26kgf/mm<sup>2</sup>까지로 하였을 때 플랜지의 직선부에서 79~114 $\mu\text{m}$ 이고, A5052 판재의 경우, BHP를 0.10~0.27kgf/mm<sup>2</sup>일 때 직선부에서는 72~106 $\mu\text{m}$ 이다. A1050의 주름높이가 조금 더 크게 나타났다.

#### 참고문헌

1. Matsuo Miyagawa, "Mechanism of Wrinkling in Deep Drawing of Sheet Metals, 1st Report", J. of JSME, Vol. 23, No. 130, pp. 390-398, 1957.
2. Matsuo Miyagawa, "Mechanism of Wrinkling in Deep Drawing of Sheet Metals, 2nd Report", J. of JSME, Vol. 23, No. 130, pp. 399-407, 1957.
3. Nozomu Kawai, "Critical Conditions of Wrinkling in Deep Drawing of Sheet Metals, 1st Report", J. of JSME, Vol. 26, No. 166, pp. 850-857, 1960.
4. Nozomu Kawai, "Critical Conditions of Wrinkling in Deep Drawing of Sheet Metals, 2nd Report", J. of JSME, Vol. 26, No. 166, pp. 857-863, 1960.
5. Nozomu Kawai, "Critical Conditions of Wrinkling in Deep Drawing of Sheet Metals, 3rd Report", J. of JSME, Vol. 26, No. 166, pp. 864-873, 1960.
6. Ahmetoglu M. et al., "Control of Blank Holder Force to Eliminate Wrinkling and Fracture in Deep Drawing Rectangular Parts", CIRP 44, pp. 347-350, 1995.
7. Murata A., Ebine Y. & Matsui M., "Effect of Blank Holding Force Control on Deep Drawability of Square Shell", J. of JSTP 33-375, pp. 411-416, 1992.
8. Gotoh, M Lim, C. R., "Conditions for Flange Wrinkling Prevention in the Drawing Process of Circular and Square Shells from Irregularly Shaped Blanks", J. of JSME(c) 58-556, pp. 299-306.8., 1992
9. 薄鋼板成形技術研究會, Press成形難易Hand book, 日刊工業新聞社(東京), pp. 85-94, 1987.