

## 스테인리스 판재의 성형성 향상에 관한 연구

배원병\* · 허병우\*\* · 김호윤\*\*\* · 한정영\*\*\*

(1998년 5월 27일 접수)

### A Study on the Improvement of Formability of Stainless Steel Sheets

W.B. Bae, B.W. Heo, H.Y. Kim and J.Y. Han

#### Abstract

In order to obtain optimum process variables during the drawing of stainless steel sheets, rectangular cup drawing tests were carried out with several technically available stainless steel sheets. As parameters on testing, materials for die and punches, lubrication and blank holding forces were selected. Testing parameters played an important role if the deformed material was thin. Effect of material properties on the deformation behaviors was also discussed by using testing parameters selected in this experiment. From the test results, we suggest the appropriate conditions to be applicable to the actual manufacturing processes

**Key Words** : Stainless Steel Sheet(스테인리스 판재), Formability(성형성), Deep Drawing

#### 1. 서 론

일반적으로 스테인리스 판재는 다른 재질의 판재보다 그 성형성이 떨어진다고 알려져 있다.<sup>(1,2)</sup> 그러나 내식성 및 표면정도가 높아서 전자부품 성형을 비롯하여 여러 산업분야에서 그 용도가 점차 확대되고 있다. 이에 따라 보다 좋은 품질의 제품을 얻고 스테인리스 판재를 효율적으로 사용하기 위해서 스테인리스 판재의 성형성을 향상시키는 것이 매우 필요한 실정이다.

그런데 스테인리스판재의 성형성에 관한 연구는 찾아보기 어렵고, 다른 판재의 성형성에 관한 연구들도 유한요소법에 의한 이론해석들<sup>(3~7)</sup>이기 때문에 현장적용에 어려움이 크다.

따라서 본 연구에서는 전자제품의 성형에 쓰이는 스테인리스 판재의 성형성을 향상시키기 위한 기초연구를 수행하였다. 이 기초연구는 간단한 4각통의 딥드로잉공정을 통하여 낮은 최대하중 및 최대성형깊이를 얻을 수 있는 최적 성형조건들(소재재질, 금형틈새, 금형재질, 블랭크 홀더력, 윤활조건)을 파악하는 것이다.

#### 2. 실험

##### 2.1 실험소재

실험에 사용된 소재는 실제로 전자제품의 생산에서 사용빈도가 높은 5종의 스테인리스 판재(STS304BA, STS304BB, STS430BA, STS430J1L, STS434BB)이다.

\* 부산대학교 기계공학부  
\*\* LG전자(주) 생산기술센터  
\*\*\* 부산대학교 대학원

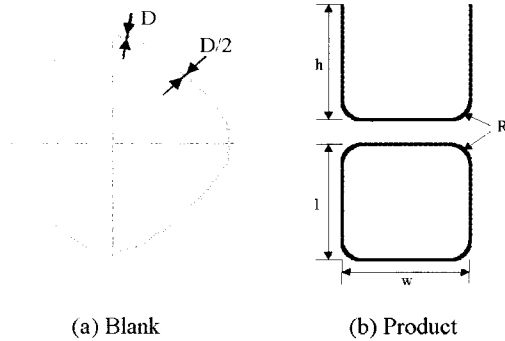


Fig. 1 Shapes of a blank and a product

Table 1 Dimensions of the product

Bottom Area( $l \times w$ )	40mm*40mm
Corner Radii of a die and a punch( $R$ )	6mm
Forming Depth( $h$ )	Until Fracture

Fig. 1과 Table 1에서는 실험에 사용될 블랭크 형상(저자들의 연구에서 제안된 최적 블랭크 형상)과, 실험에서 요구하는 최종 제품의 치수를 제시하였다.

### 2.2 실험방법

Table 2에 제시한 것과 같이 금형 및 펀치재질, 윤활 및 코팅, 금형틈새, 블랭크 홀더력에 따른 낮은 최대하중 및 최대성형깊이를 파악하였다.

블랭크 홀더력은 4개의 질소가스스프링을 사용하여 가압하였다. 또한 최대성형 깊이의 결정은 소재가 파단이 일어날 때까지 성형을 한 후 얻은 하중-변위 그래프로부터 결정하였다.

Table 2 Experimental conditions

Materials of die and punch	STD11(TD), STD11(HRC60), STD11(TiCN), AMPCO, Beryllium,
Lubricant	WD40, Rapid Drying Oil
Die Clearance	10%, 20%
Blank Holding Force	600, 1000kgf

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 금형틈새(Clearance)의 영향

각 소재에 대하여 10%와 20%의 금형틈새에 대하여 실험을 한 결과가 Fig. 2에 나타나 있다.

그래프에서 제시된 바와 같이 10%의 금형틈새를 사용하면 깊은 성형에서 발생하는 아이어닝 현상을 막을 수가 없으나, 20%의 금형틈새에서는 아이어닝 현상이 전혀 발생하지 않는 것을 알 수 있다. 또한 10%의 금형틈새에서 WD40과 속건성오일(rapid drying oil)의 성형하중 및 성형깊이는 다소 차이가 있지만, 20%의 금형틈새에서는 두 윤활상태에서 성형하중과 성형깊이가 거의 차이가 없음을 알 수 있다.

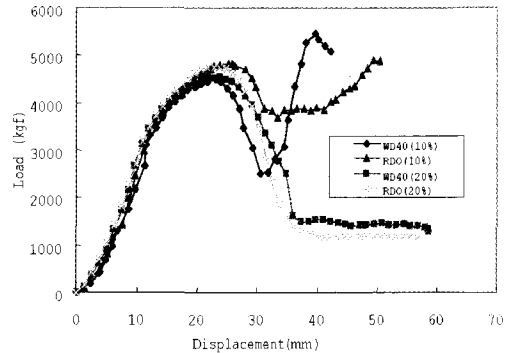


Fig. 2 Effect of clearance on load distribution

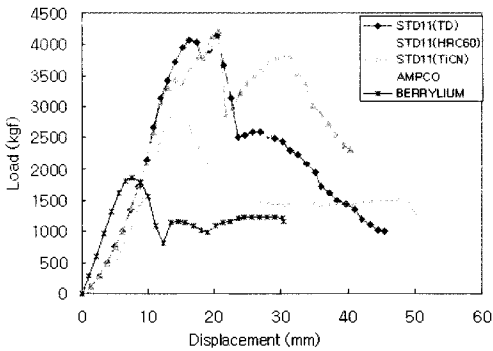
### 3.2 금형재질의 영향

금형재질 5종의 영향에 대한 하중-변위선도를 Fig. 3에 표시하였다.

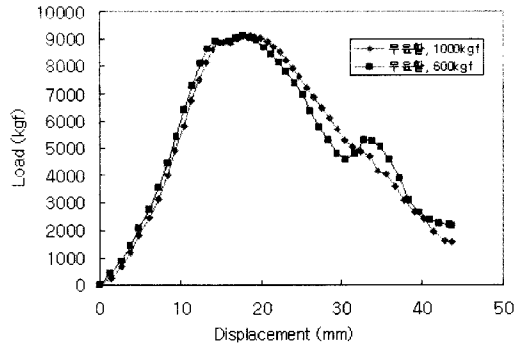
STD11(TiCN)은 다른 재질에서는 발생하지 않는 파단이 발생하고, STD11(HRC60)은 마찰로 인해 최대하중이 다소 크게 나타난다. 또한 Beryllium은 하중은 대체로 낮으나, 성형깊이가 낮으며, 또한 성형품에 금형의 표면색이 입혀지는 현상이 나타났다. 표에 나타나지 않는 다른 세 종류의 소재에 대해서도 유사한 결과가 나타난다. 이러한 결과로부터 최적의 금형재질은 STD11(TD)와 AMPCO 금형이라는 것을 알 수 있다.

### 3.3 블랭크 홀더력의 영향

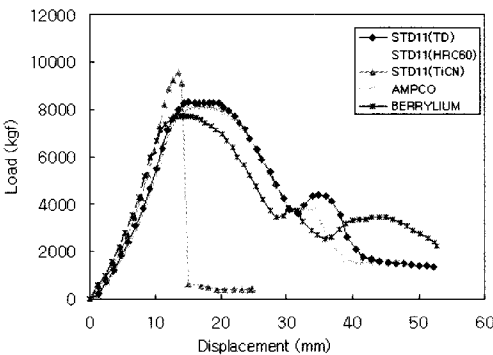
블랭크 홀더력은 600, 1000 kgf로 변화시켜 실험을 하였다. STD11(TD) 금형을 사용한 결과, 하중-변위 분포



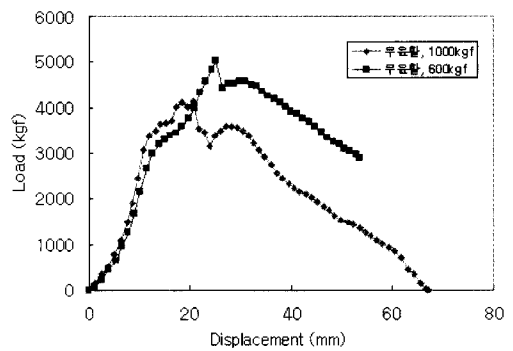
(a) STS304BA(0.5mm)



(a) STS304BA(0.5mm)



(b) STS434BB(1.2mm)



(b) STS434BB(1.2mm)

Fig. 3 Effect of die material on load distribution

Fig. 4 Effect of blank holding force on load distribution

가 Fig. 4와 같이 나타났다.

두께가 얇은 소재를 600 kgf의 블랭크 홀더력으로 성형하면 심한 아이어닝 현상이 발생함을 알 수 있다. 그러나 두께가 두꺼운 소재는 블랭크 홀더력의 변화에 크게 영향을 받지 않는다. 따라서, 얇은 소재일수록 높은 블랭크 홀더력을 요구한다는 것을 알 수 있다. 위의 결과로부터 깊은 성형을 할 때, 소재의 두께가 0.7 mm이하 일 경우에는 1000 kgf(최대하중의 약 20%), 1.2 mm이상일 경우에는 600 kgf(최대하중의 약 7%)가 적절하다는 것을 알 수 있다.

### 3.4 윤활조건의 영향

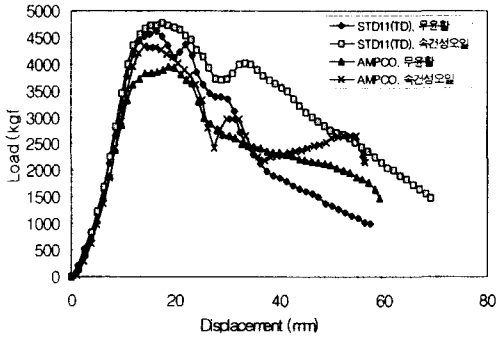
비교적 좋은 재질이라 판단된 STD11(TD)와 AMPCO 금형에 대하여 윤활조건을 달리하여 실험을 하였다. Fig. 5로부터 알 수 있듯이, 대체적으로 윤활상태에서 최대하중이 감소하는 효과를 가져오는데, AMPCO 금형에서 그 효과가 더 크게 나타났다. 또한, 다른 조건들과 마찬가지로

로, 소재의 두께가 두꺼울수록 윤활조건의 효과는 적게 나타났다.

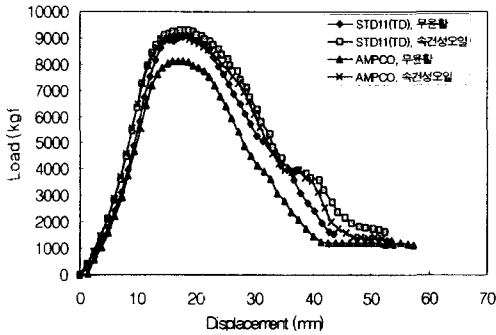
### 3.5 최대 성형깊이

실험에 고려된 모든 성형조건에 대한 최대성형하중과 최대성형깊이가 Table 3에 나타나 있다. Table 3에서 빗금으로 표시된 부분은 파단이나 심한 아이어닝이 일어난 경우이며, 음영으로 표시된 부분이 동일한 조건에서 최대 성형깊이를 나타내는 부분이다. Table 3으로부터, 기존에 사용되고 있는 STD11(HRC60)은 다른 금형재질에 비하여 결함이 많이 나타남을 알 수 있다. 따라서 STD11(HRC60)은 닥드로잉 금형으로는 다소 부적합하다. 그리고 STD11(TiCN) 역시 많은 결함이 발생하고 있으므로 닥드로잉 금형으로는 부적합하다.

그러나, STD11(TD)나 AMPCO 금형은 다른 금형재질에 비해 결함이 거의 나타나지 않고, 가장 깊은 성형을 할 수 있으므로 닥드로잉 금형으로 적합하다는 것을 알



(a) STS304BA(0.5mm)



(b) STS434BB(1.2mm)

Fig. 5 Effect of lubrication on load distribution

수 있다. 특히 AMPCO는 성형하중의 측면에서 STD11(TD)보다 더 우수하게 나타난다.

성형깊이의 측면에서는 Beryllium 금형을 사용한 경우에도 우수한 결과를 보였으나, 제품에 금형의 표면색이 입혀져 나오는 결함이 나타났기 때문에 다소 부적합한 금형 재질로 판단된다.

#### 4. 결론

전자제품의 성형에 사용되는 스테인리스 판재의 성형성 향상을 위한 최적공정조건을 알기 위한 4각통의 딥드로잉 실험을 수행하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다:

- (1) 현장에서 적용되고 있는 5%~10%의 금형틈새는 깊은 성형공정에서는 다소 부적합하므로, 20%정도의 금형틈새를 고려하는 것이 적당하다.
- (2) 금형의 재질은 AMPCO, STD11(TD)가 우수하게 나타났는데, AMPCO 금형이 성형하중 및 성형깊이에서 더 좋은 결과를 보였다.
- (3) 소재가 얇을수록 블랭크 홀터력은 커야 하며, 실제로 현장에서 사용되는 펀치하중의 1/3보다는 작은 힘이 필요하다.
- (4) 무윤활에 비하여 속건성오일 윤활이 다소 큰성형하중이 나타났지만, 성형깊이에는 큰 차이가 없다.
- (5) 위의 모든 조건은 소재의 두께가 얇을수록 큰 영향을 끼치며, 두꺼운 소재에 대해서는 크게 영향을 끼치지

Table 3 Maximum load and drawing depth for various forming conditions

Mat.	Thi.	Lub.	1000kgf								600kgf			
			STD11(TD)		STD11(HRC60)		STD11(TiCN)		AMPCO		Beryllium		STD11(TD)	
			Load	Depth	Load	Depth	Load	Depth	Load	Depth	Load	Depth	Load	Depth
STS304BA	0.5	WD40	4139	20.30	4036	20.50	3445	16.80	2847	18.30	1861	16.90	3709	19.30
		RDO	3996	27.60	4169	27.85	4402	29.20	3732	27.82	3794	26.40	4546	31.80
STS304BB	0.5	WD40	4139	17.00	3673	19.29	3469	21.00	2871	18.62	3746	18.93	3760	18.40
		RDO	4115	27.90	5003	28.20	4881	23.45	3756	28.02	3335	26.90	4043	29.50
STS430BA	0.7	WD40	4618	23.40	4882	15.38	5359	24.20	3947	23.15	5341	22.60	4378	23.50
		RDO	4761	27.45	5051	27.35	5337	21.88	4330	27.50	4568	27.10	4642	27.10
STS430J1L	1.2	WD40	8302	29.90	9788	26.30	9570	14.01	8129	29.60	7734	29.60	8709	29.80
		RDO	7044	29.45	9572	24.40	10144	19.07	8972	28.82	9161	33.75	7656	29.55
STS434BB	1.2	WD40	9140	29.90	10248	12.43	7331	12.85	8135	28.80	8049	29.35	9116	29.60
		RDO	9307	34.15	9761	16.17	9714	14.90	9067	32.90	9039	24.00	9140	33.35

(Thickness, Depth : mm, Load : kgf, RDO : Rapid Dried Oil)

못한다.

(6) 이러한 모든 공정조건을 고려하였을 때, AMPCO 재질의 금형을 사용하여, 금형틈새를 20%정도로 고려하고, 윤활재로는 WD40을 사용하여, 1000 kgf 이하의 블랭크 홀더력으로 성형하는 것이 깊은 성형에 가장 적당하다.

### 참고문헌

- (1) 전기찬, 1993, 박판금속의 성형, 반도출판사.
- (2) K. Lange, 1985, Handbook of Metal Forming, McGraw-Hill Inc.
- (3) M. Muraki, T. Nakamura, 1996, "Frictional behaviour of lubricants during deep drawing and ironing processes for zinc-coated steel sheets", Proc. Instn. Mech. Engrs, Vol 210, pp.189~197.
- (4) Y.M. Huang, J.W. Cheng, 1997, "Influence of lubricant on limitation of formability of cylindrical cup drawing", J. Mat. Pro. Tech. Vol 63, pp.77~82.
- (5) Y.M. Huang, J.W. Cheng, 1994, "Influence of the tool clearance in the cylindrical cup-drawing process", J. Mat. Pro. Tech. Vol 57, pp.4~13.
- (6) A.G. Mamals, D.E. Manolakos, A.K. Baldoukas, 1997, "Simulation of sheet metal forming using explicit finite-element techniques: effect of material and forming characteristics. Part 1. Deep-drawing of cylindrical cups", J. Mat. Pro. Tech. Vol 72, pp.48~60.
- (7) A.G. Mamals, D.E. Manolakos, A.K. Baldoukas, 1997, "Simulation of sheet metal forming using explicit finite-element techniques: effect of material and forming characteristics. Part 2. Deep-drawing of square cups", J. Mat. Pro. Tech. Vol 72, pp.110~116.