

# 알루미늄 판재 스트래칭에서 초기 집합조직이 성형성에 미치는 영향

심경섭\* · 김용일\* · 이용신\*\*

## Effects of the Initial Texture on Formability in Aluminum Sheet Stretching

K. S. Sim, Y. I. Kim and Y. S. Lee

### Abstract

The effects of the initial texture of workpiece as well as the process conditions such as punch speed and lubrication on the formability of sheet stretching are investigated by experiments. Two types of the initial textures of aluminum sheet, plane strain compression texture and recrystallization texture are chosen since those are the most common in practice. Punch loads vs depth and thickness strain distributions along radial directions having the slope of  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  with rolling directions are reported for hemispherical punch stretchings under a variety of process conditions.

**Key Words** : Initial Texture, Stretching Formability, Punch Speed, Thickness Strain.

### 1. 서 론

알루미늄 박판의 성형은 스트래칭, 드로잉 및 굽힘등에 의하여 원하는 형상을 얻을 수 있고, 경량화외에도 가공 경화에 따른 고강도와 내구성이 우수한 제품을 생산할 수 있어 현대 산업에 폭 넓게 사용되고 있다. 박판 성형공정의 성공적 수행은 적절한 공정 조건의 선택 외에 소재의 우수한 성형성을 필요로 한다. 박판 소재의 성형성은 종종 스트래칭 실험을 통하여 평가되고 있으며, 이에 스트래칭에 관한 많은 연구가 보고되어 왔으나 수치해석 모델링을 이용한 연구가 대부분이다<sup>(1-7)</sup>.

판재 성형에 사용되는 박판은 압연에 의하여 만들어 지는데 압연공정의 특성에 의해 평면변형을 집합조직을

갖고 있다. 한편 현장에서는 제공되는 금속박판을 그대로 사용하기도하나 종종 풀림처리를 하여 사용한다.

이에 본 연구에서는 경량화 소재로 최근 주목을 받고 있는 알루미늄 판재를 대상으로 알루미늄 판재의 기본물성 및 초기 집합조직을 측정하고, 펀치 속도 및 윤활조건등의 공정조건이 스트래칭 성형성에 미치는 영향을 조사하여 실제의 알루미늄 판재 성형공정의 설계 자료나 모델링 연구의 자료를 제공하고자한다.

### 2. 물성 실험

#### 2.1 기본 물성 실험

실험에 사용한 시편은 시중에서 보편적으로 사용되고

\* 국민대학교 대학원 기계설계학과

\*\* 국민대학교 기계·자동차 공학부

있는 순수 알루미늄( Al-1050 )으로 두께가 0.6mm 인것을 채택하였다. 제조 회사에서 직접 공급받은 원소재와 원재료를 전기로에서 345℃에서 1시간 유지 시킨 후 노냉으로 풀림처리를 한 소재를 사용하였다.

인장 시험은 원소재의 이방성을 측정하도록 소재의 압연 방향과 0°, 45°, 90° 경사진 방향에서 채취하였다. 소재는 지수함수의 응력-변형률 관계를 가정하였고, 즉

$$\bar{\sigma} = K \bar{\epsilon}^n, \quad (1)$$

윗 식의 물성계수는 M.T.S. (Model:810)를 이용한 인장 시험에서 구한다. 이방성 계수 r값의 산정은 20% 스트레인에서 표점거리 부분의 길이와 폭을 측정하여 구한다. Table 1은 인장 시험에 의해 측정된 알루미늄 판재의 기본물성을 나타내고 있으며, Table 2는 20% 스트레인에서 측정된 r값을 나타내고 있다.

**Table 1 Mechanical properties of aluminum sheet metal(Al 1050)**

압연방향	소성계수(K)	가공경화 지수(n)	인장강도(kgf/mm <sup>2</sup> )
0°	15.2387	0.2686	8.2610
45°	11.7121	0.2470	6.9005
90°	12.7367	0.2505	7.5902
MEAN	12.8503	0.2530	7.4130

**Table 2 Lankford value of aluminum sheet metal**

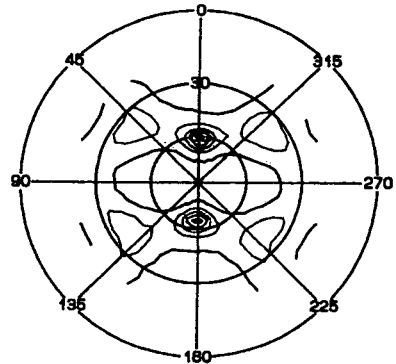
Rolling direction Material	Rolling direction				MEAN( $\bar{r}$ )	$\Delta r$
	0°	45°	90°			
Al - 1050	0.5693	1.5353	0.6015	1.0603	-0.9499	

## 2.2 집합조직 측정

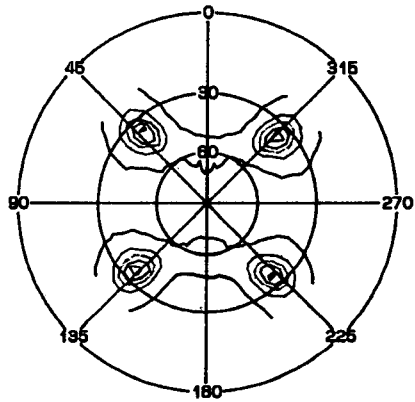
제조회사에서 공급한 알루미늄 원소재와 풀림처리한 소재의 집합조직 변화를 관찰하기 위해 각각의 소재에서 시험을 20mm×20mm 크기로 채취하였다. 면심입방계인 알루미늄의 슬립시스템을 고려하여 (1 1 1) 극점도의 집합조직을 측정한다.

측정은 X레이디프랙토미터(XRD3000PTS)를 사용하였으며, 각 소재의 (1 1 1)극점도는 Fig. 1에 보여진다.

예상한 바와 같이 압연에 의해 제조된 박판 원소재는 평면변형을 압축의 집합조직을 갖는 것을 보여주고 있으며(Fig1a), 풀림처리 한 소재는 재결정 집합조직이 주된 것을 보여주고 있다(Fig1b). 이러한 미세조직의 차이가 소재의 변형특성을 다르게 만드는 원인이 될 수 있으며, 스트래칭 성형에 미치는 영향을 조사하고자 한다.



**Fig. 1 (a) (1 1 1) Pole figure of rolled aluminum sheet**



**Fig. 1(b)(1 1 1) Pole figure of annealed aluminum sheet**

## 3. 성형성 실험

### 3.1 실험 개요 및 방법

스트래칭에서는 플랜지 접촉부의 소재가 다이 속으로 빨려 들어가지 않도록 구속하며 판재의 다른부위에는 신장 변형을 일으키고 부분적으로는 굽힘 변형도 일으킨다. Table 3은 금형의 사양과 스트래칭 실험 조건을 나타내고 있다.

**Table 3 Test condition for stretching and specification of tool**

Radius of punch	20 mm
Diameter of die	∅43mm(Circular die), □43x43mm(Square die)
Corner radius of die	4 mm
Velocity of punch	(0.013, 0.22, 3.52) mm/sec
Experimental temperature	20 ± 1℃
Lubricants	Grease, Dry

### 3.2 두께변형률 측정

펀치 성형 깊이에 따라 스트래칭 성형된 시편의 두께를 측정하기 위하여 사용된 CARL ZEISS 3차원 측정기 (Model:UMM 550)는 형상 측정, 스캐닝 측정, 원환체 (doughnut type) 측정, 탄성체 측정, 자유 곡면측정, 내접 및 외접 기어 측정 등 여러 가지의 복합 기능을 가지고 있다.

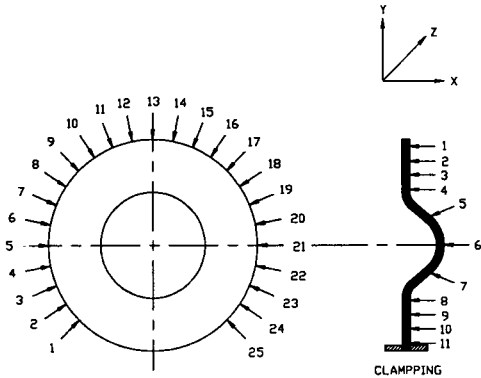


Fig. 2 Thickness measurement of deformed specimen

Fig. 2는 성형된 시편의 두께 변형률을 측정하기 위하여 탐침으로 시편의 반경 방향을 측정하는 방법을 나타내고 있다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 펀치 속도 및 윤활 조건의 영향

반구형 펀치와 원형다이를 이용한 스트래칭 성형에서 0.013, 0.22, 3.52mm/sec의 펀치 속도에 대하여 제품 성형깊이에 따른 펀치 하중의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 파단이 일어나지 않는 최대 성형깊이로 성형성을 판단할 경우에 윤활이 잘된 경우에 보다 좋은 성형성을 보여주고 있다. 또 펀치속도가 빠를수록 펀치하중은 증가하고 최대성형깊이는 감소하는 것을 재확인 할 수 있었다. 비슷한 현상이 평면 변형을 집합조직을 갖는 시편의 스트래칭 성형에서도 관찰 되었으나, 풀림처리하여 재결정 집합조직을 갖는 시편이 평면변형을 집합조직을 갖는 시편보다 최대성형깊이가 깊은 것을 관찰할 수 있었다

정사각형 다이를 사용하였을 경우에도 같은 현상이 나타나는 것을 확인 하였다.

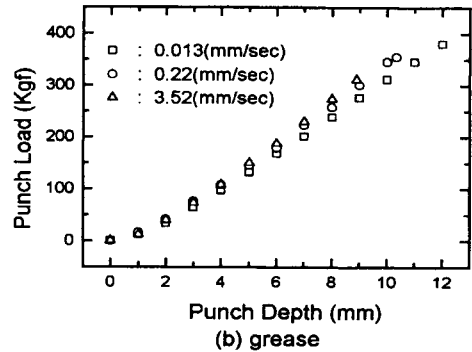
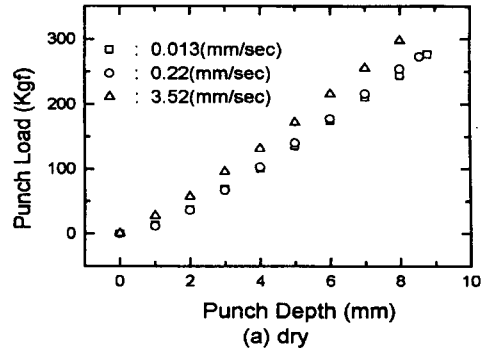


Fig. 3 Punch load vs punch depth (circular die, full-annealed specimen)

### 4.2 두께변형률 분포

Fig. 4, 5는 풀림처리하여 재결정 집합조직을 갖는 소재의 경우에 성형깊이에 따른 두께 변형률 분포를 보여

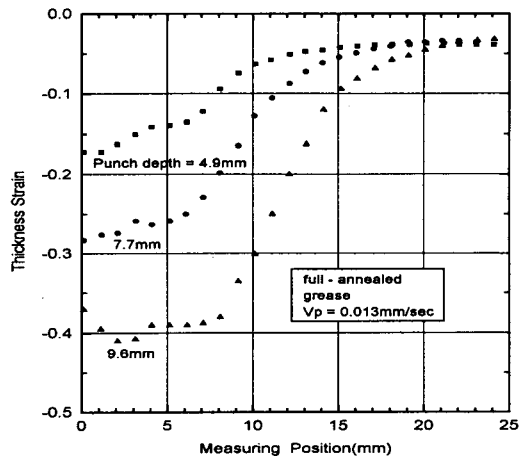


Fig. 4 Distribution of the thickness strain (circular die,  $V_p = 0.013$  mm/sec)

준다. 두께 변형을 값은 펀치 속도가 느린 경우 펀치 중심부에서 대체적으로 큰 값을 나타내고 있으나, 펀치 속도가 빠른 경우에는 펀치 중심부를 벗어나 바깥쪽으로 이동되어 가면서 큰 값을 나타내고 있다.

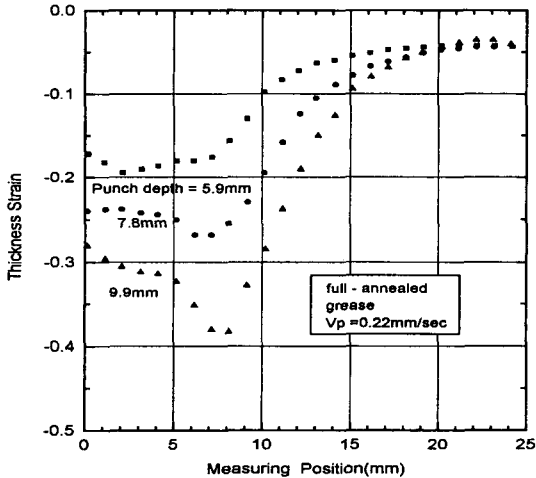


Fig. 5 Distribution of the thickness strain (circular die,  $V_p = 0.22$  mm/sec)

Fig. 6에서는 평면변형을 집합조직을 갖는 원형 블랭크를 이용하여 압연 방향으로부터  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  경사에서 반경방향으로 두께 변형률 분포를 측정된 것을 보여주고 있다. 압연방향과  $45^\circ$  를 이루는 방향에서 두께 변형률 값이 다른 방향에 비하여 근소하게나마 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 반면에 재결정 집합조직을 갖는 시편은 이러한 분포가 감지되지 않았다.

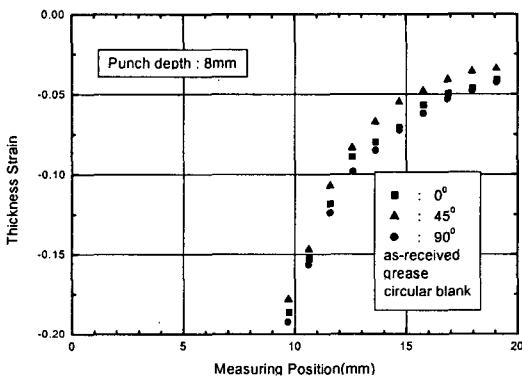


Fig. 6 Thickness strain distribution of circular blank with initial plane strain compression texture (circular die,  $V_p=0.013$ mm/sec)

## 5. 결론

초기 소재의 집합조직과 성형조건이 스트래칭에 미치는 영향을 실험으로 조사하고 다음의 결론을 얻었다.

(1) 펀치 속도가 느릴수록, 무윤활 보다는 윤활제를 사용할 때가 성형성이 향상됨을 재확인 하였다..

(2) 재결정 집합조직을 갖는 소재가 평면변형을 집합조직을 갖는 소재보다 스트래칭 성형성이 좋은 것으로 관찰되었다.

(3) 평면변형을 집합조직을 갖는 시편은 압연 방향과  $45^\circ$  방향에서 두께변형률이 가장 작은 것으로 관찰 되었다.

(4) 펀치 속도의 속도가 커질수록 펀치깊이가 커질수록 최대 두께변형률은 중심부에서 벗어나는 것으로 나타났다.

## 참고 문헌

- (1) ZienKiewicz, O.C., Jain P.C. and Onate, E., 1978, Int. J. Solids struct., Vol.14, pp.15-38.
- (2) Park, J.J., Oh, S. I. and Altan, T., 1987, J. of Eng. for Indst., Vol.109, pp.347-354.
- (3) Woo, D.M., 1965, Engineer Vol.220, pp. 876-880.
- (4) Wagoner R.H., Nakamachi E, Lee J.K., 1988, Technical Report, OSU
- (5) Kim, J.H., and Kobayashi, S.,1978, In mechanics of sheet metal forming-material behavior and deformation analysis, Plenum Press, pp.341-362.
- (6) C.H. Toh and Kobayashi, 1985, Int. J. Mach. Tool. Des. Res., Vol.25, pp. 15-32.
- (7) N.M. Wang, 1984, In numerical analysis of forming process, Wiley, pp.117-164.
- (8) ABAQUS user's manual.