

# 폴리카보네이트 시트의 전단공정에서 공정변수에 따른 전단면 평가

## Effect of Process Parameters on the Sheared Planes in Blanking of Polycarbonate sheet

\*이정민<sup>1</sup>, #김동환<sup>2</sup>, 김병민<sup>3</sup>, 강학생<sup>4</sup>

\*J. M. Lee<sup>1</sup>, #D. H. Kim(dhkim@iul.ac.kr)<sup>2</sup>, B. M. Kim<sup>3</sup>

<sup>1, 2</sup> 한국국제대학교 기계자동차공학부, <sup>3</sup> 부산대학교 기계공학부, <sup>4</sup> 다이아미크론

Key words : Polycarbonate, Blanking, Sheared Plane

### 1. 서론

최근 휴대폰 시장에서 터치스크린(Touch Screen) 타입의 적용이 증가하면서 휴대폰 액정화면을 지지하고 보호하는 역할을 하는 폴리카보네이트(Polycarbonate)에 대한 관심이 높아지고 있다. 폴리카보네이트는 고분자 재료 중 상대적으로 경도가 높고 투명해서 유리 대용으로 많이 사용되고 있으며 대부분 전단공정을 통해 휴대폰 부품으로 제조되고 있다. 부품 특성상 매우 높은 치수정밀도와 경면 전단면을 요구하는데 고분자 재료의 경우 전단공정시 전단면보다 파단면이 크고 또한 인장변형시 특정 입계변형을 범위에서 전단밴드(Shear band)가 형성되는 특징이 있어 쉽게 전단공정을 적용하지 못하고 있는 실정이다[1]. 따라서 본 연구는 폴리카보네이트 시트의 인장변형 특성과 전단공정 적용시 펀치 형상과 전단방식에 따른 전단면 특성을 평가하기 위한 목적으로 수행되었다. 폴리카보네이트 전단공정은 탄소성 유한요소해석을 통해 평가되었다.

### 2. 폴리카보네이트의 인장변형 특성

본 연구에 사용된 폴리카보네이트 시트 두께는 1 mm이며 인장시편은 ASM E06 규격으로 제조되었다. 시험은 총 5 회 수행되었으며 Fig. 1 에 전형적인 폴리카보네이트 시편의 공칭응력 대 공칭변형을 곡선을 나타내었다.

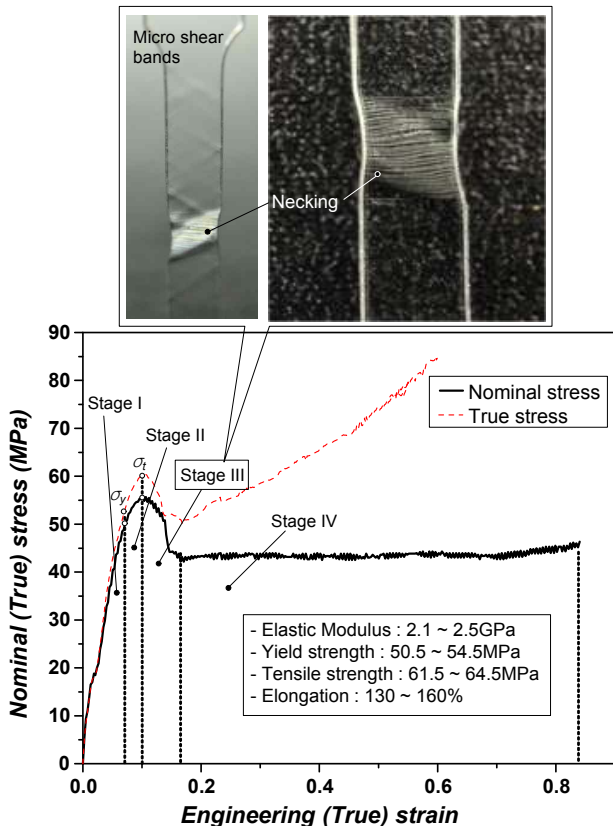


Fig. 1 Nominal stress vs. engineering strain and mechanical properties of typical polycarbonate specimen

폴리카보네이트의 인장변형은 크게 4 단계로 구분할 수 있다. Stage I 은 재료의 탄성영역이며 항복강도( $\sigma_y$ )까지로 정의한다. Stage II 는 소성변형이 시작되는 단계이며 이 때 약 두께 1  $\mu$ m, 길이 100  $\mu$ m의 미세한 전단밴드가 발생한다. 이러한 전단밴드의 각도는 하중방향에 대해 약 54°이다. Stage III 는 최고하중(인장강도,  $\sigma_t$ )과 일치하며 하나의 조대한 전단밴드가 생성되며 국부적으로 넥킹(Necking)이 발생한다. 넥킹 발생 이후 하중은 약간 감소한다. Stage IV 은 넥킹 발생 후 인장시편 내에서 넥킹이 전파되는 단계로 파단될 때까지 일정한 하중을 유지한다. 넥킹은 시편전체에 걸쳐 전파되며 넥킹이 발생된 시편의 표면은 미세한 크랙들이 규칙적으로 발생되어 있다. Table 1 은 폴리카보네이트의 기계적 특성을 나타낸 것이다.

### 3. 폴리카보네이트의 전단공정 해석

Fig. 2 는 폴리카보네이트 전단공정의 금형형상 및 공정변수를 나타낸 것이다. 모델은 크게 단일전단펀치타입과 양날전단펀치타입으로 구분된다. 단일타입은 하나의 전단펀치로 전단하는 것이고 양날타입은 상펀치가 0.8 mm 전단한 후 하펀치가 반대방향으로 0.2 mm를 전단하는 것이다. 전단펀치날의 각도는 각 타입에 대해 60과 80° 각각 두 가지로 설정하였으며 따라서 총 해석모델은 4 가지이다.

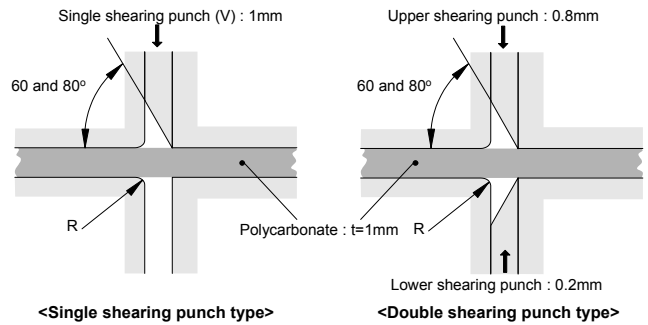


Fig. 2 Design and process variables in polycarbonate shearing

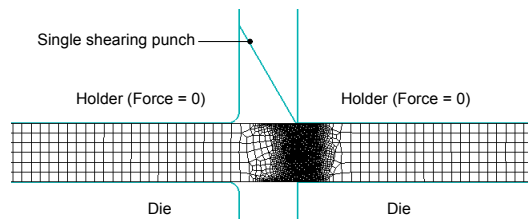


Fig. 3 Initial mesh system for FE analysis

전단해석은 DEFORM 2D 를 이용하였으며 폴리카보네이트는 탄소성체, 전단금형은 강체로 가정하였다. 해석에서 폴리카보네이트의 탄소성거동은 Fig. 1 의 진응력 대 진변형 곡선으로 정의하였다. 전단해석에서 재료의 파단은 Normalized Cockcroft and Latham 의 연성 파괴이론을 적용하였다[2]. 본 연구에서 폴리카보네이트의 파단을 위한 임계데미지(Critical damage)값은 0.7 로 가정하였다. 전단펀치속도

(V)는 1 mm/s 이며 마찰계수는 0.1, 다이폭물(R)은 0.2 mm로 하였다. Fig. 3 은 해석을 위해 초기유한요소격자 시스템을 나타낸 것이다.

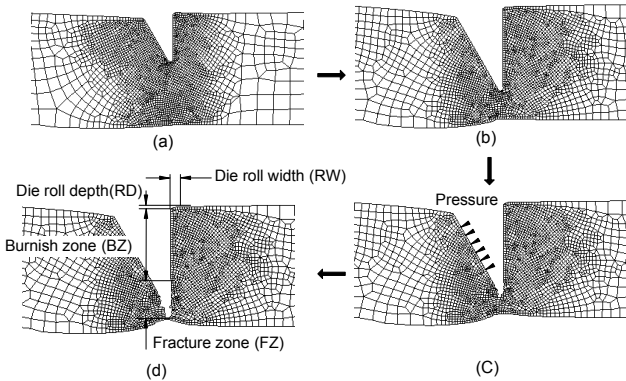


Fig. 4 Polycarbonate shear deformation with different strokes of shearing punch

Fig. 4 는 단일타입의 60° 전단펀치에서 펀치변위에 따른 폴리카보나이트의 전단변형과정을 나타낸 것이다. 경사펀치의 특성상 (c)와 같이 경사부 압력이 작용하여 파단면이 생성된다. 따라서 일반적인 펀치방향과 동일한 방향의 버(Burr)는 생성되지 않는다. 본 연구에서 4 가지 해석모델에 대한 전단면의 평가는 (d)에서 나타낸 항목들의 비교를 통해 이루어졌다. 일반적으로 유효전단면(Burnish zone)이 크고 파단면(Fracture zone), 롤(Roll) 폭, 깊이가 작을 수록 전단면은 경면에 가깝다[3-4].

Fig. 5 와 6 은 단일과 양날타입을 이용한 폴리카보네이트에 대한 전단해석결과를 나타낸 것이다. Table 1 은 4 가지 해석모델에 대한 전단면 측정결과를 나타낸 것이다. Table 1 에서 알 수 있듯이 펀치경사 각도가 작고 단일보다는 양날타입에서 전반적으로 유효전단면이 증가하고, 파단면이 감

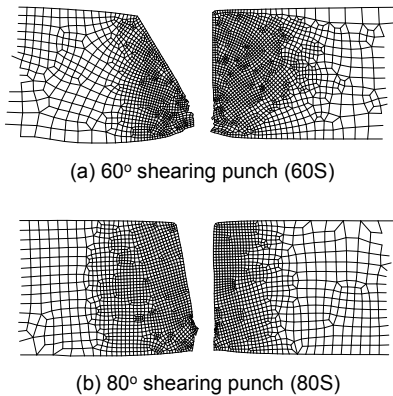


Fig. 5 Sheared plane by single shearing punch type

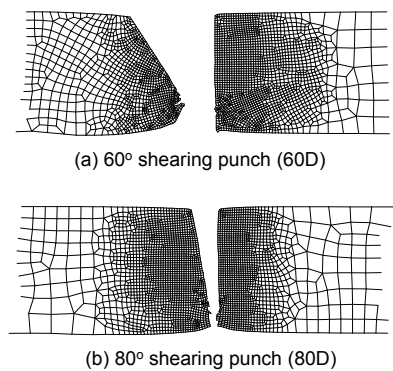


Fig. 6 Sheared plane by double shearing punch type

Table 1 Comparison of measured roughness data (unit : mm)

Items	60S	80S	60D	80D
RW	0.035	0.037	0.031	0.030
RD	0.017	0.021	0.015	0.016
BZ	0.668	0.702	0.715	0.746
FZ	0.230	0.193	0.187	0.173

소하는 경향을 나타내었다. 이것은 경사펀치의 각도가 작을수록 파단을 지연시키는 압축응력이 전단변형부에 국부적으로 가해지기 때문으로 판단되며 이 효과는 양날펀치에서도 현저히 나타나고 있다. 한편, 각 공정에서 다이롤 깊이와 폭은 큰 차이를 보이지 않았는데, 이것은 전단변형 중에 발생한 폴리카보네이트의 탄성회복에 의한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 휴대폰 액정화면을 지지하는 프레임 소재인 폴리카보네이트의 전단가공 시, 전단변형부의 거동을 탄소성 유한요소해석으로 고찰하였다. 해석 결과, 전단펀치의 경사각도가 작을수록 유효전단면이 증가하는 경향을 나타내었으며, 양날펀치에서 그 효과는 증대되었다. 또한 다이롤의 깊이와 폭은 전단변형 중, 폴리카보네이트의 낮은 탄성계수로 인해 탄성회복량이 일반 소재에 비해 크게 작용하여 대부분 회복되므로 각 공정별 유의차는 나타나지 않았다. 본 연구를 통해 고분자 재료인 폴리카보네이트 전단 시의 전단면 특성을 탄소성 유한요소해석으로 모사할 수 있었으며, 향후에는 실험적 검증을 통한 다양한 확대 적용이 기대된다.

후기

여기에 후기를 입력하시오. 여기에 후기를 입력하시오. 여기에 후기를 입력하시오.

참고문헌

1. 北條英典, "フェノールレジン積層板のせん断加工," 日本塑性加工學會誌, 2, 647-656, 1961.
2. D. C. Ko., B. M. Kim., and J. C. Choi., "Simulation of Sheet Metal Blanking Process for Using Mesh Elimination," J. of Material proc. Technol., 72, 129-140, 1997.
3. S. Thipprakmas, "Finite-Element Analysis of V-ring Indenter Mechanism in Fine-Blanking Process," J. Material and Design, 30, 526-531. 2009.
4. Y. L. Kim., T. S. Kwak., and W. B. Bae., "Finite Element Analysis on Effect of Die Clearance on Shear Planes in Fine Blanking," Proc. of Korea Society for Technol. of Plasticity, 72, 127-140, 2000.
5. D. H. Kim, "Development of stamping technology for the fine pitch L/F with heat sink," Steel research international, 1, 91-98, 2008.