

# 성형해석을 통한 자동차 차체 부품 스탬핑 공정 설계

## Design of stamping process for an automotive body part based on the FE-simulation

\*차승훈<sup>1</sup>, 이상곤<sup>2</sup>, 고대철<sup>3</sup>, #김병민<sup>4</sup>

\*S. H. CHA<sup>1</sup>, S. K. Lee<sup>2</sup>, D. C. Ko<sup>3</sup>, #B. M. Kim(bmkim@pusan.ac.kr)<sup>4</sup>  
<sup>1,2</sup> 부산대학교 정밀기계공학과, <sup>3</sup> 부산대학교 산학협력단, <sup>4</sup> 부산대학교 기계공학부

Key words : Stamping, BHF(Blank Holder Force), Blank Size, Crack, FE-simulation

### 1. 서론

최근 자동차 기술 개발은 경량화, 소형화, 연비향상, 고성능화 등의 요소를 중심으로 발전하였고, 자동차의 각종 부품도 소형화, 경량화로 발전하고 있다. 경량화의 방법 중 하나는 높은 인장 강도의 판재를 복잡한 자동차 부품에 적용하여 차체의 무게를 감소시키는 것이다.<sup>1)</sup> 차체의 대부분은 성형된 부품으로 이루어져 있다. 따라서 자동차 차체 부품 생산을 위한 생산공정의 효율성을 높일 수 있는 방안을 연구해야 할 것이다. 생산 공정 중 하나인 스탬핑 공정은 프레스 성형 기술로서, 금형 개발 과정은 설계자의 경험과 직관에 의존하는 경향이 큰 탓으로 스탬핑 공정의 과학적 접근 방법이 필요하며 이에 관한 연구가 진행되고 있다.<sup>2)</sup> 이 중 하나인 CAE 를 이용한 방법은 금형 수정의 횟수를 줄여 트라이아웃 기간을 단축함으로써 비용 절감의 효과를 볼 수 있다.

프레스 성형시 발생하는 문제는 파단 문제, 치수정밀도 문제, 면형상정밀도문제의 3 가지로 구성되어 있으며,<sup>3)</sup> 본 논문에서는 스탬핑 공정시 파단 발생을 방지하기 위한 방안으로 블랭크 크기(Blank size), 블랭크 홀더력(Blank Holder Force)을 조절하였으며, FLD(Forming Limited Diagram)를 통해 파단 여부를 예측하였다. 또한 스탬핑 공정 설계시 파단 방지를 위한 성형 해석 과정을 제시하였다. Fig. 1 은 본 논문에서 적용된 자동차 TURRET 을 나타내었다. 본 논문에서 적용된 자동차 부품은 드로잉(Drawing) 깊이가 깊어서 펀치 머리부가 접촉되는 부분에 파단이 발생할 가능성이 높다. 따라서 본 논문에서는 소재의 유입량을 조절하여 파단을 방지할 수 있는 방안을 제시하였다.

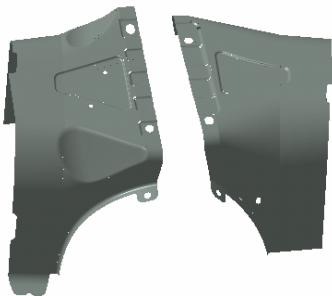


Fig. 1 HEIGHTENER-FR LH TURRET

### 2. 본론

#### 2.1 스탬핑 공정해석 개략도

스탬핑 공정 해석은 파단 여부를 예측하기 위한 수단으로 진행하였다. 파단 방지를 위한 공정해석의 개략도는 Fig. 2 에 나타내었다. 먼저 최종 제품의 부품 모델을 CAD 를 이용하여 금형 모델링을 완성하였으며, 이렇게 완성된 금형으로 성형해석을 수행하였다. 성형해석의 과정은 첫째로 소재의 유입량을 고려하여 블랭크 형상과 치수를

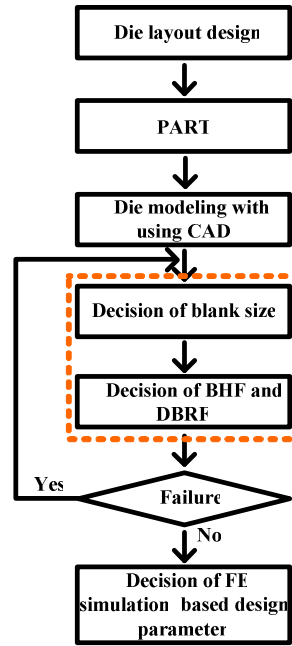


Fig. 2 Scheme for die layout design based on the FE-simulation

결정하고, 두 번째로 전체적인 파단을 방지하기 위하여 블랭크 홀더력(BHF)을 조절하였으며, 또한, 국부적인 파단을 방지하기 위하여 드로우비드 구속력(DBRF)을 조절하였다. 최종적으로 파단 여부를 평가하여 금형의 수정 여부를 결정하였다. 본 논문에서는 성형해석을 통해 블랭크 크기, 블랭크 홀더력을 결정하고, FLD 를 통해 이러한 변수에 따른 자동차 차체 부품의 성형성을 평가하였다.

#### 2.2.1 유한요소 해석 모델

성형해석은 동적 외연적 해석 상용코드인 DYNAFORM 5.5 를 사용하였다. Fig. 2 는 스탬핑 공정 해석을 위한 해석 모델을 나타낸 것이다. 소재는 SPCC, 두께는 1.1mm 마찰상수는 0.15, 펀치속도는 1mm/s, 초기 블랭크 홀더력 80ton 으로 설정하였다.

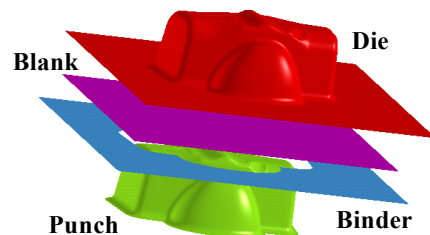


Fig. 3 Initial position in stamping process based on the FE-simulation

2.2.2 성형해석을 통한 블랭크 크기 결정

Table 1에서 보듯이, 초기 성형 해석은 Case1의 조건으로 해석하였다. 초기성형 해석을 바탕으로 Case2, Case3, Case4의 공정 조건을 설정하였다. Fig. 4는 스탬핑 공정 해석 시 초기 블랭크를 나타낸 것이고, Table 1은 공정조건을 나타낸 것이다. 초기 조건의 성형 해석결과 최종 형상의 펀치 머리부가 접촉되는 부분에서 파단이 발생하였다. 이는 플랜지의 드로잉력이 파단부의 파단내력을 상회하기 하기 때문에 발생하는 것으로 소재의 유입량을 조절하여 파단을 줄일 수 있었다. 또한 최종형상의 코너부에서 파단이 발생하였다. 이는 굽힘 반지름이 작거나, 변형능 부족으로 인하여 발생하는 것으로 이 역시 소재의 유입량을 조절하여 파단을 줄일 수 있었다. 따라서, 파단 방지를 위하여 Case2와 Case3, Case4로 변화시켜 소재의 유입량을 조절하였다. 성형 해석 결과 Case4의 경우 파단이 적게 발생하였다. 그러나 소재의 크기를 줄여서 파단 발생을 줄이는 것은 한계가 있었다. 따라서 블랭크 홀더력 조절이 필요하였다.

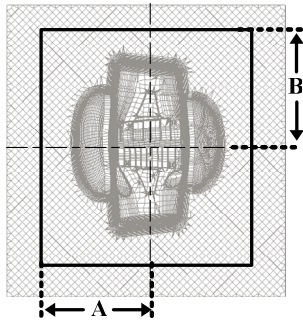


Fig. 4 Initial blank for the stamping analysis of a automotive part

Table 1 Dimension of blank

	Specification (mm)	A (mm)	B (mm)
Case1	724 × 886	362	443
Case2	704 × 866	352	433
Case3	684 × 846	342	423
Case4	664 × 826	332	413

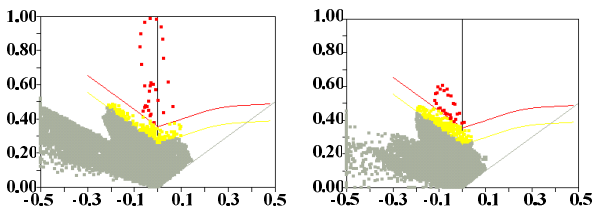


Fig. 5 Formability evaluation through FLD in case of Case1, Case4

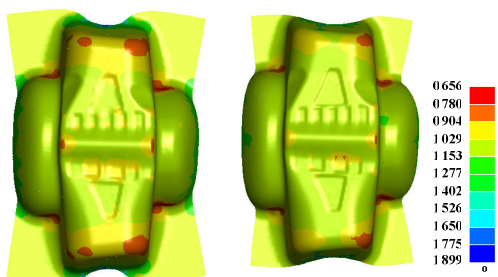


Fig. 6 Thickness distribution in case of Case1, Case4

2.2.3 성형해석을 통한 블랭크 홀더력 결정

앞 장에서 설정한 Case4의 조건을 바탕으로 블랭크 홀더력을 가정하였다. 블랭크 홀더력은 초기조건 80ton에서 60ton, 70ton으로 변화시켜 해석을 수행하였다. 해석 결과 60ton일 경우 성형시 소재 전체에 균일한 힘을 주기에는 80ton일 때에 비해 부족하여 파단이 발생하였다. Fig. 7은 블랭크 홀더력 70ton에 대한 해석 결과이다. 해석 결과를 통해 파단이 발생하지 않았고, 두께 분포 역시 가장 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

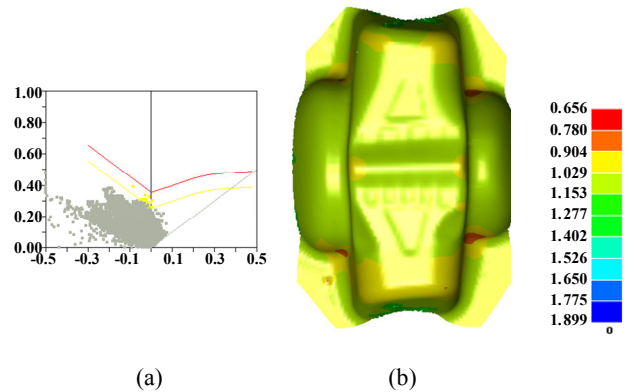


Fig. 7. FLD(a) and thickness distribution(b) on a automotive part with blank holder force of 70ton

3. 결론

본 논문에서는 자동차 차체 부품의 스탬핑 공정 설계를 위한 성형 해석을 수행하였으며, 다음의 결론을 도출하였다.

- (1) 소재의 유입량을 고려하여 블랭크 크기를 설정하였고, 성형 해석 결과를 기초로 하여 파단을 줄일 수 있는 블랭크 크기(가로 664mm, 세로 826mm)를 결정하였다.
- (2) 블랭크 크기 조절만으로는 파단을 줄일 수 있는 한계가 있기 때문에 블랭크 크기 조절 후 다시 블랭크 홀더력을 조절하여 파단 발생을 방지하였다. 해석을 통해 가장 양호한 결과인 블랭크 홀더력(70ton)을 결정하였다.

블랭크 크기 및 블랭크 홀더력의 조절을 통해 파단을 줄이는 것은 한계가 있었고 국부적인 파단을 줄이기 위해서는 드로우비드 구속력을 조절할 필요가 있을 것이다. 또한, 향후 성형 해석에 대하여 실험을 통해 그 결과를 검증할 것이다.

후기

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 국제과학기술협력재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. M60601010004-06E0101-00410).

참고문헌

1. Kiyoshi Nonomura, Kenji Tamada, Norio Ohno, "Stamping Engineering for Body Weight Reduction," Body Assembly & Manufacturing, IBEC'97, pp.17-25, 1997.
2. 양균의, 장동규, 이희관, "최근 프레스 성형 기술과 연구 동향," 11(2), pp.30-37, 2002.
3. 양승호, 양원석 편역, "프레스성형난이 핸드북," 기전연구사, pp.95, 2006.