

# 금형 변형을 고려한 자동차용 펜더 패널 성형해석

송민재<sup>1</sup>, 이승열<sup>2</sup>, 금영탁<sup>3</sup>

## Forming Analysis for Automotive Fender Panel Considering Die Deformation

M. J. Song, S. Y. Lee, and Y. T. Keum

### Abstract

In order to see the effect of die deformation on the forming of sheet metal, the draw-ins, strains, and springbacks of an automotive fender panels are numerically simulated considering the die deformation found by the simultaneous structural analysis of press and dies. The comparison of the forming analysis result between the rigid die and the deformed die layout shows that the deformed tool provides more accurate forming and springback result.

**Key Words :** Fender Panel, Rigid Die, Deformed Die, Simultaneous Dies-Press Analysis, Coupled Analysis

### 1. 서 론

초기 금형으로부터 양산용 최종 금형을 만들어 내는 과정은 아직도 숙련된 기술자의 시행착오에 의존하고 있다. 이러한 시행착오의 주요 원인 중 하나는 금형의 탄성 변형이다. 성형이 원활히 이루어지기 위해서는 금형 상하형 간의 간극이 일정하게 유지되어야 한다. 그러나 금형에 프레스 등에 의한 성형 하중이 가해지면 탄성변형에 의한 국부적인 변형이 발생하여 간극의 변화가 생긴다. 성형 해석은 다이, 펀치, 블랭크 홀더를 강체로 가정하여 해석을 수행하기 때문에 탄성 변형에 의한 금형의 변형을 고려하지 못하게 된다. 금형의 변형은 금형 간극의 변화가 생기고 변화된 간극은 블랭크와 금형의 접촉부에 높은 압력을 발생시키며 성형 불구합 현상을 발생시킬 뿐만 아니라 스프링백의 예측 정밀도를 저하시키는 주요 인자의 하나이다. 따라서 성형 불구합을 감소

시키고 스프링백의 예측 정밀도를 향상시키기 위해서는 금형 형상의 변형을 고려한 성형해석이 요구된다. 본 연구에서는 드로우 공정에서 자동차용 펜더 패널의 프레스/금형 연동 구조해석을 통하여 각 금형의 응력 및 변형을 구하고 변형된 금형의 형상을 성형해석에 도입하여 유입량, 변형률, 스프링백을 구하였다. 변형 금형의 성형해석 결과를 강체 금형과 비교하여 고정도 성형 해석을 수행하였다.

### 2. 프레스/금형 구조해석

금형 구조의 변형에 대한 해석은 지금까지 주로 단품별로 수행되어왔고[1] 프레스 변형해석은 개별 수행되어 왔으나, 금형 변형이 프레스의 변형에 크게 좌우되기 때문에 이들 상호작용의 고려가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 프레스와 금형의 연동을 고려하여 구조해석을 수행하고 금형

1. 한양대학교 일반대학원 정밀기계공학과  
2. PFTech.  
3. 한양대학교 CPRC 기계공학부

의 강도와 변형을 검토하였다.

## 2.1 모델링

Fig. 1 은 상형다이, 펀치 및 홀더로 이루어진 프레스/금형의 구조해석을 위한 유한요소 모델이다. 상형 다이는 프레스에 고정되어 함께 하강하는 반면 펀치는 볼스터에 의해 고정되어 지지된다. 또한 홀더는 상형 다이와 펀치의 사이에서 블랭크를 지지하는 역할을 한다. Fig. 1 에서 보는 1300ton 프레스 모델은 875ton 의 성형 하중을 갖으며 쿠션 패드에는 75ton 의 블랭크 홀딩력이 홀더에 전달된다.

성형이 진행됨에 따라 블랭크의 두께는 변화하게 된다. 따라서 금형 구조해석에서는 블랭크 두께의 변화를 감안한 접촉 경계조건의 설정이 필요하다. 보다 정확하면서도 단순한 박판두께의 변화를 감안하기 위해 성형해석 결과를 gap 요소로 대체하였다.

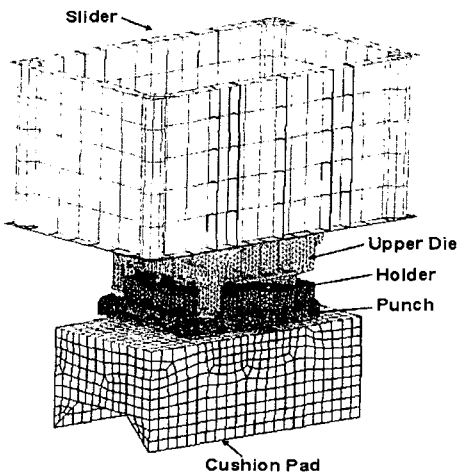


Fig. 1 FE model of press draw dies

## 2.2 해석 결과

Fig. 2 는 금형 구조해석을 실시하여 변형된 최종 성형상태에 대한 상형 다이, 펀치, 홀더의 금형 모델과 블랭크와 접촉하는 다이페이스 모델의 변형량 분포를 나타낸 것이다. 비교적 큰 하중을 받는 상형다이에서 변형이 크게 나타나고, 이러한 금형의 변형은 성형해석 결과에 영향을 줄 것으로 예상된다.

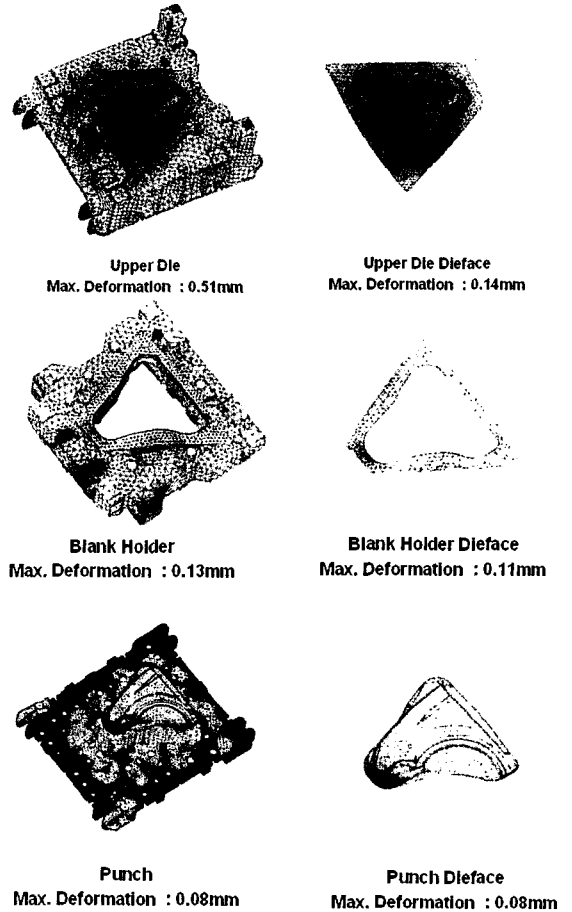


Fig. 2 Deformation distribution of draw dies.

## 3. 변형 금형 기초 성형해석 절차

Fig. 3 은 변형 금형 기초 성형해석의 절차를 나타낸 것이다. 금형 구조해석을 위하여 현단계의 금형형상으로 초기 성형해석을 수행하여 얻은 블랭크 두께 정보로부터 블랭크 요소 대신에 gap 요소를 생성한다. 그리고 프레스/금형 연동 구조해석을 실시한 후 변형된 다이페이스의 형상을 생성하여 성형해석에서 금형데이터로 사용할 수 있는 포맷으로 export 한다. 변형된 다이페이스의 형상으로 재 성형해석하여 얻은 드로우인, 변형률 및 스프링백 등을 바로 직전의 iteration 의 금형형상으로 해석한 결과와 비교한다. 전 iteration 의 성형해석 결과와 현 iteration 의 해석 결과가 일치하면 현단계의 변형 금형 기초 성형해석은 완료되고, 그렇지 않으면 성형해석과 구조해석이 양립할 때까지 해석은 반복된다.

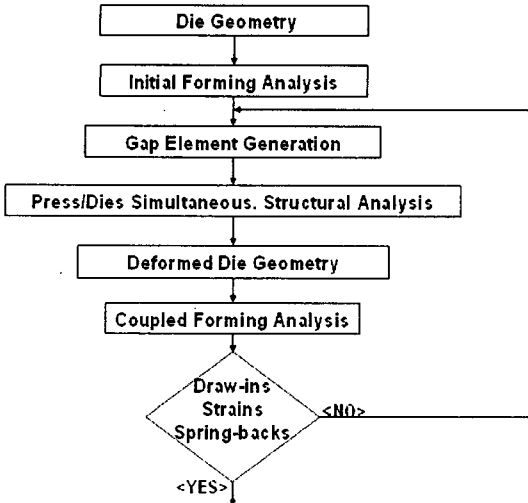


Fig. 3 Procedure of forming analysis considering die deformation in a forming step.

#### 4. 성형해석

##### 4.1 모델링

강체 금형 해석은 강제인 상형 다이와와 펀치, 홀더를 사용하여 해석하였고, 변형 금형 해석은 구조해석에서 변형되지 않은 강체 금형으로 드로우 성형공정의 90%를 진행하였다. 그리고 나머지 10%의 성형해석에 대해서는 구조해석에 의해 변형된 다이, 펀치, 홀더를 90% 까지 진행된 블랭크에 설치하여 해석하였다. 그리고 성형해석에서 블랭크 요소의 크기는 최소 2mm x 2mm 로 하였으며 펀치 속도는 5m/s, 홀딩 속도는 2m/s, 그리고 블랭크 홀딩력은 75ton 으로 설정하였다. Fig. 4 와 Fig. 5 는 금형이 강체일 때 성형해석에 사용된 모델과 구조해석에 의해 변형된 금형을 성형해석에 사용한 모델을 나타내고 있다.

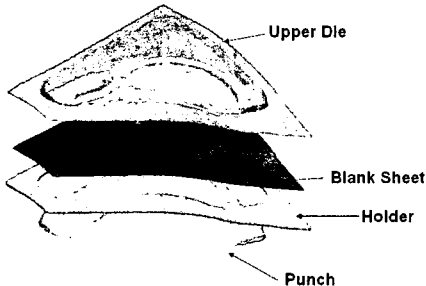


Fig. 4 Layout of draw dies for the forming analysis based on rigid tools.

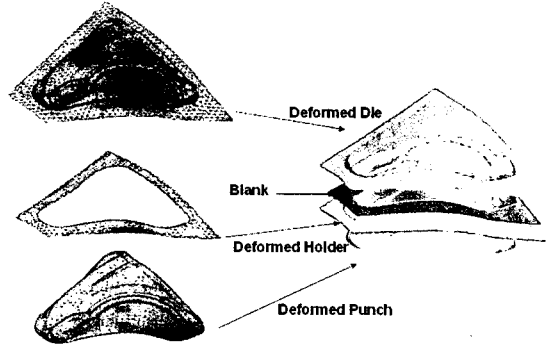


Fig. 5 Layout of draw dies for the forming analysis based on deformed tools.

##### 4.2 해석 결과

##### 4.2.1 드로우인

Fig. 6 은 강체 금형의 해석 결과와 변형 금형의 유입량의 해석 결과를 비교하여 나타낸 것이다. 변형 금형과 강체금형은 금형의 탄성변형에 의한 간극의 차이로 최대 10mm 의 유입량 차이가 발생됨을 알 수 있었고 실제 금형과 패널을 tryout 하여 측정된 유입량 결과와 비교하여 볼때 탄성 변형된 변형 금형이 실측치에 더 가까움을 알 수 있었다. 따라서 금형의 변형은 패널의 유입량에 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있고 실측치와 가까운 금형의 변형을 고려한 성형해석이 필요하다.

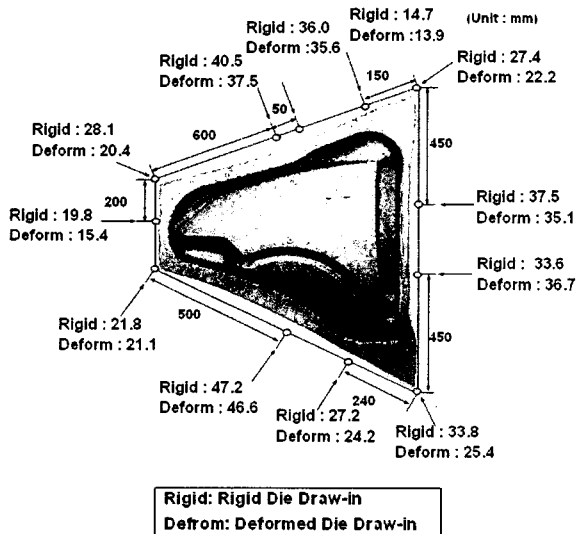


Fig. 6 Comparison of draw-ins between rigid tool analysis and deformed tool analysis.

### 4.2.2 변형률

강체 금형의 해석 결과와 변형 금형의 성형 해석 결과의 두께 변형률을 구하여 해석 결과를 비교하였다. 변형률 분포는 서로 유사한 경향을 나타내며 최대 변형량에 있어서는 변형금형을 사용한 결과가 7%정도 낮게 나타났다.

### 4.2.3 스프링백

Fig. 7 은 강체 금형과 변형금형 해석 결과의 스프링백을 비교하기 위해 선정한 단면선을 나타내고 있다. Fig. 8 은 각 단면에 대해 스프링백 해석 결과이며, 부분적으로 차이는 있지만 전체적으로 변형금형 해석 결과가 강체 금형과 해석결과 보다 스프링백이 더 크게 나타남을 알 수 있다.

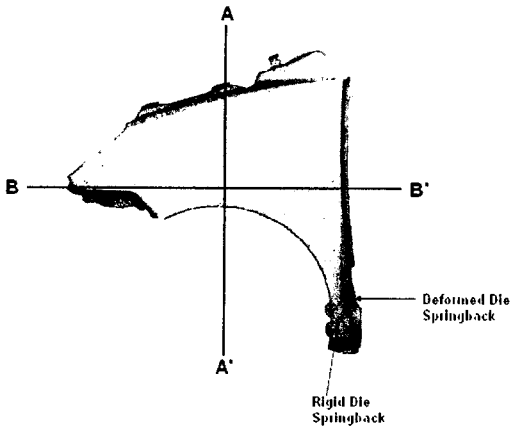
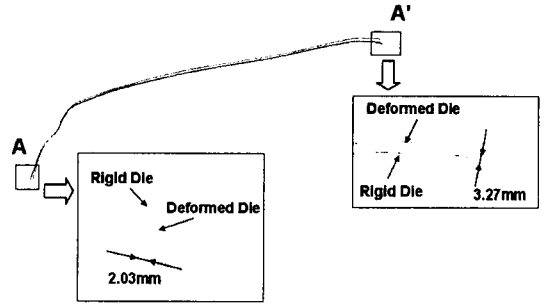


Fig. 7 Comparison of springback between rigid and deformed tool analyses.

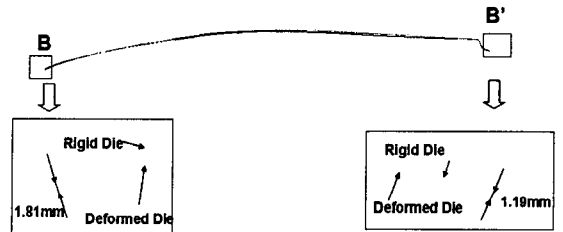
## 5. 결론

구조해석과 성형해석을 연계하여 금형의 변형을 고려한 자동차용 펜더패널의 성형 및 스프링백 해석을 수행하고 다음과 같이 요약하고 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 프레스와 금형의 연동 구조 해석으로 금형의 각 파트별 응력 및 변형 분포를 구하였다.
- (2) 구조해석으로 변형된 금형을 성형해석에 도입하여 드로우 패널의 변형률 및 유입량의 고정도 해석을 수행하여 강체 금형보다 실측치에 가까운 결과를 나타내었다.



(a) A-A' section



(b) B-B' section

Fig. 8 Comparison of spring-backs in the 2 sections of fender panel between rigid tool analysis and deformed tool analyses.

(3) 변형 금형이 강체 금형보다 스프링백이 크게 발생하였으며 변형 금형을 사용한 성형해석으로 보다 예측 정밀도 높은 결과를 얻을 수 있었다.

## 참고 문헌

- [1] 인정제, 신용승, 김현영, 2001, 차체용 드로우 다이의 블랭크 홀더 굽힘 변형 해석, 한국공작기계학회논문집, 제 10 권, 제 3 호, pp. 68~74
- [2] 박용국, 1998, 프런트 도어의 드로잉 공정해석과 프레스 금형 제작공정에 관한 연구, 한국소성가공학회지, 제 7 권, 제 6 호, pp. 586~593
- [3] Gunnarsson, L., Schedin, E., 2001, Improving the Properties of Exterior Body Panels in Automobiles Using Variable Blank Holder Force, Journal of materials processing technology, Vol.114, No2, pp.168-173