

# CAE를 활용한 박판 성형 부재의 면 품질 개선

김기풍<sup>1#</sup>, 김세호<sup>2</sup>, 이동길<sup>1</sup>, 이기용<sup>1</sup>

## Improvement of Surface Quality of a Stamped Sheet Metal Member with CAE

K. P. Kim, S. H. Kim, D. G. Lee and K. Y. Lee

### Abstract

This paper is concerned with improvement of surface quality of a sheet metal member in the stamping process. The CAE procedure of the stamping process is utilized in order to investigate cause of surface troubles and to improve surface quality. A complicated shape of the sheet metal member can induce surface troubles such as wrinkles because of insufficient tensions force and non-uniform contact of a blank sheet with tools. This paper proposes two guidelines such as a change of tool shape and added draw-beads on the tool surface in order to increase tension forces and to induce uniform contact. The proposed guidelines are verified with the CAE of the stamping process. The CAE results show that the changed shape of tools and added draw-beads can reduce the amount of wrinkles and improve surface quality.

**Key Words** : Stamped sheet metal member(박판 성형 부재), Surface quality(면 품질), CAE(전산원용공학), Stamping process(스탬핑 공정)

### 1. 서론

자동차의 차체 부재는 주로 박판을 이용하여 스탬핑 공정에 의하여 생산되며, 자동차의 개발 기간의 단축을 위하여 부재 설계 데이터에서부터 금형 설계, 제작 및 양산까지의 신속한 진행이 요구되고 있다. 소비자들의 수준 향상으로 자동차의 기능 향상뿐만 아니라 외관이 매우 미려하고 우수한 제품을 요구되고 있어, 완성차 업체 및 양산 업체들에서 외관상의 품질 기준을 강화하고 있다.

스탬핑 가공된 박판 부재는 외관적으로 면품질, 주름, 크랙 등이 발생할 수 있으므로 부재의 형상 설계 단계에서 외관 품질 예측하여 설계에 반영해야 한다. 스탬핑 공정에서 발생할 수 있는 크랙 및 주름의 예측에 가장 많이 사용되는 방법은 CAE 기법 중 하나인 박판 성형 공정 해석이다. 해석을 통하여 실제 공정에서 일어날 수 있는 불

량을 미리 파악하면 부품 설계 및 금형 설계 단계에서 형상 변경을 수행할 수 있으므로 현장의 트라이아웃 회수나 금형 제작 비용을 최소화하는 효과를 얻게 된다[1-3].

본 논문에서는 자동차 박판 성형 부재의 성형 과정 중에 발생한 주름 등의 면품질을 개선하기 위하여 CAE 기법을 활용하였다. 박판 성형 공정 해석을 이용하여 주름을 발생 원인을 분석하였고, 분석된 결과를 바탕으로 면불량을 제거하기 위한 금형 설계 변경 방안을 제시하였다. 제시된 면불량 제거 방안은 CAE 기법을 활용하여 검증하였다.

### 2. 유한요소 성형해석

#### 2.1 해석 모델

본 논문에서 고려하는 모델은 열을 차단하기

1. 한국생산기술연구원 광주연구센터 마이크로금형팀  
2. 대구대학교 자동차·산업·기계공학부  
# 교신저자: 한국생산기술연구원, E-mail: keepkim@kitech.re.kr

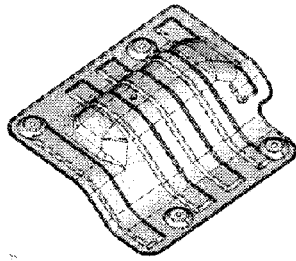


Fig. 1 Shape of a heat protector panel

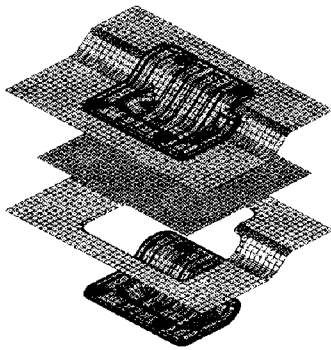


Fig. 2 Initial setting of tools and the blank for the stamping analysis of the heat protector panel

위한 용도로 사용되는 SUV 차량의 열차단판(heat protector)으로서 그 형상은 Fig. 1 과 같다. 열차단판의 성형은 3 단계의 프레스 공정으로 이루어지나, 면 품질의 평가에는 처음 단계인 드로잉 공정만을 고려하였다.

### 2.2 해석 조건

설계된 금형면의 형상을 기본으로 다이, 펀치, 홀더 및 블랭크의 형상을 도출하였고 이는 Fig. 2 에 도시하였다. 블랭크는 SACD강판으로 두께는 0.4mm이고, 초기 크기는 600 mm × 400 mm이다. 해석에 사용한 블랭크 홀딩력은 15 ton이고 금형과 블랭크 사이의 마찰 계수는 0.12이다. 해석은 상용프로그램인 PAM-STAMP 2G[4]를 이용하였고, 적응적 요소 세분화 기법을 사용하여 접촉 부위의 요소가 형상을 잘 표현하도록 세분화 되도록 하였다. 성형해석은 중력해석, 바인더랩(binder-wrap)해석 및 최종 드로잉 해석의 3단계로 나누어 수행하였다.

### 2.3 성형 해석 결과

앞에서 언급한 해석 조건을 기반으로 중력해석,

바인더랩 해석 및 드로잉 해석을 수행하였다. 중력해석과 바인더랩 해석의 최종 결과는 Fig. 3 에 나타내었다. 드로잉 공정 해석으로부터 얻어진 최종 변형 형상은 Fig. 4 에 나타내었다. 최종 변형 형상에서는 해석 기법의 특성 때문에 실제 제품에서 나타나는 주름 등의 면 품질 불량을 정확하게 예측할 수 없었다. 본 논문에서는 성형완료 1.2mm 전의 형상과 실제의 최종 제품을 비교하여 주름을 예측의 정도를 평가하였고 Fig. 5 에 주름 발생 위치를 비교하여 나타내었다. 비교 결과 거의 동일한 위치에서 주름이 발생하는 것을 알 수 있었다.

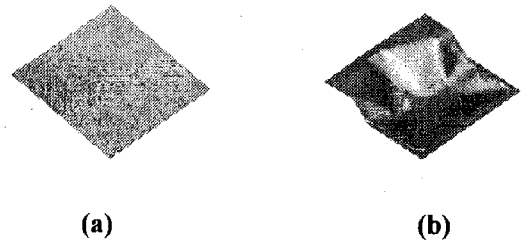


Fig. 3 Deformed shape of the blank in the stamping process of the heat protector panel: (a) gravity analysis; (b) binder-wrap analysis

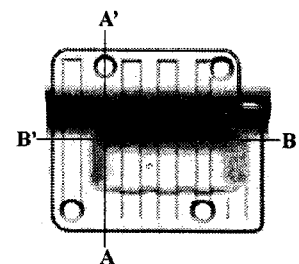


Fig. 4 Final deformed shape in the drawing process of the heat protector panel

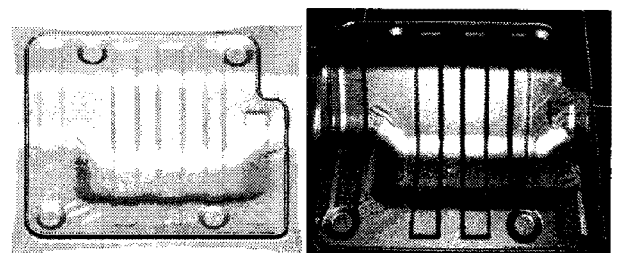


Fig. 5 Comparison of surface defect in the final product: (a) analysis; (b) experiment

## 2.4 면불량의 원인 분석

주름의 발생 원인을 파악하기 위하여 성형 완료 직전의 형상 뿐만 아니라, 성형 중간 단계에서의 블랭크 변형 형상을 분석하였다. Fig. 6에는 성형완료 15.2 mm, 10.2 mm, 5.2 mm 전의 블랭크의 형상을 나타내었다. 성형 초기부터 다이 및 펀치에 접촉하고 있지 않는 영역에서 여육(excess metal)이 발생하는 것을 볼 수 있다. 성형이 진행되면 펀치 형상의 모서리 부분에 여육이 몰리면서 주름이 발생하는 것을 알 수 있다. Fig 7에는 Fig. 4의 단면 A-A'와 B-B'에서 블랭크와 금형의 접촉 상태를 도시하였다. 그림에서도 볼 수 있듯이 단면의 방향 별로 블랭크가 펀치나 다이면에 균일하게 접촉하지 못하였다. 접촉이 발생하지 않는 부분은 단면의 기울기가 방향별로 같지 않아 드로잉 비가 방향별로 다르게 되고 이로 인하여 여육이 발생하게 된다. 발생된 여육은 성형이 진행되면서 충분한 인장력을 받지 못하여 주름으로 남게 된다.

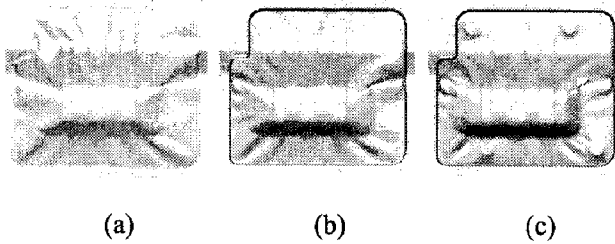


Fig. 6 Deformed shape of the blank before forming completion of (a) 15.2 mm; (b) 10.2 mm; (c) 5.2 mm

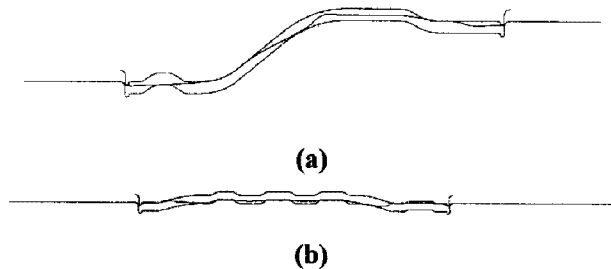


Fig. 7 Cross section of the blank and the tools before forming completion of 10.2 mm along (a) the section A-A'; (b) the section B-B'

## 3. CAE를 이용한 금형 설계 변경

위에서 언급한 바와 같이 면 불량 발생의 원인은 제품의 형상에 따른 불균일한 드로잉 비와 부족한 인장력 때문이다. 본 논문에서는 여육에 의하여 발생하는 주름을 제거하기 위하여 제품면의 형상 변화 및 드로우비드의 설치를 제안하고 금형 설계 변경의 효과를 검증하기 위하여 CAE를 활용하였다.

### 3.1 제품면 형상 변경

드로잉 공정 중에 발생하는 면 불량을 해결하는 가장 쉬운 방법은 제품면의 형상을 수정하는 것이지만 부재의 구조, 내구 특성 등이나 생산 공정의 제한으로 설계가 완료된 이후에는 성형성이 우수한 형상으로의 변경은 어렵다. 본 논문에서 고려한 열차단판은 제품 설계 및 시제품 제작과 동시에 성형성을 평가하는 것이기 때문에 제품면의 형상 변경을 통한 주름 제거가 가능하였다.

제품면의 형상 변경은 금형면 형상 CAD 데이터를 이용하여 수행하였으며 변경 전후의 형상은 Fig. 8과 같다. 그림에서 볼 수 있듯이 단면의 높이가 변화하는 위치를 좀더 바깥쪽으로 이동시키고 기울기도 더욱 완만하게 수정하였다. 형상 변경 전후의 면 품질은 성형 완료 직전의 변형 형

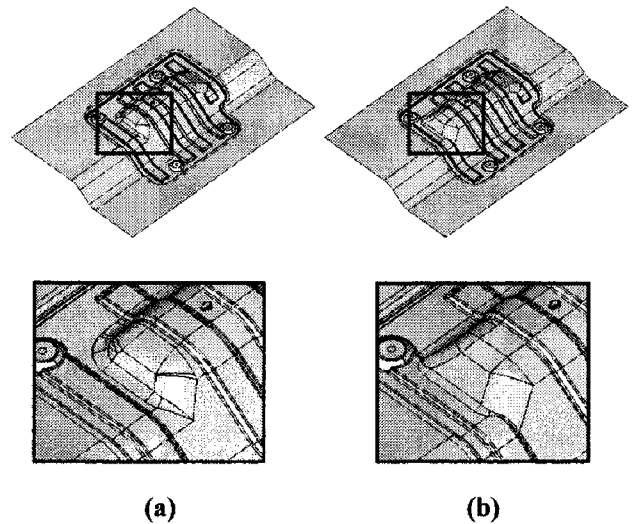


Fig. 8 Change of surface shape of the heat protector panel in order to improve surface quality: (a) original shape; (b) changed shape

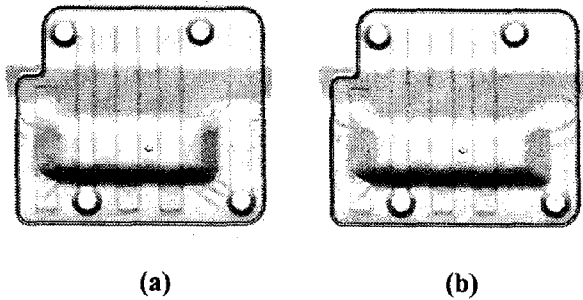


Fig. 9 Comparison of deformed shape with respect to the surface shape of the heat protector panel: (a) original shape; (b) changed shape

상으로 비교하였으며 그 결과는 Fig. 9 에 도시하였다. 형상 변경 위치에서는 주름이 상당히 제거되었으나 다른 위치에서는 아직 주름이 잔존하여 인장력을 부가하기 위한 드로우비드를 추가하는 것이 필요한 것으로 분석되었다.

### 3.2 드로우비드의 추가

제품면의 형상 변화에도 남아 있는 주름을 제거하기 위하여 드로우비드를 추가하였다. 드로우비드의 삽입 위치와 형상은 Fig. 10에 도시하였고, 해석의 효율성을 위하여 등가 드로우비드를 적용하였다. 드로우비드를 적용하여 성형 과정 중에 블랭크에 인장력이 추가로 부가하였다. 성형 해석 결과 제품면 형상의 변화가 없는 부분뿐만 아니라 외곽 영역까지 주름이 제거되었고, 변형형상은 Fig. 11에 도시하였다.

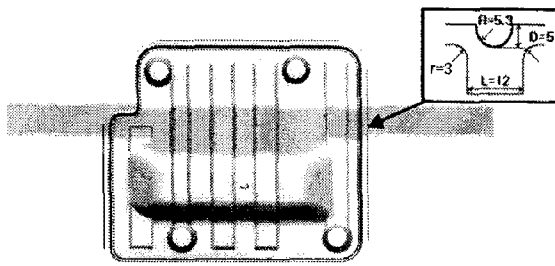


Fig. 10 Draw-beads on the die surface of the heat protector panel with changed surface shape

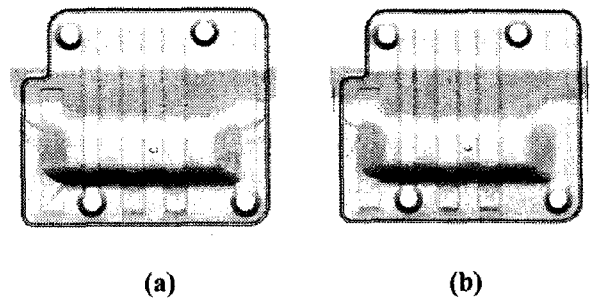


Fig. 11 Comparison of deformed shape of the heat protector panel: (a) without draw-beads; (b) with draw-beads

## 4. 결 론

본 논문에서는 제품면에 단차 형상이 있는 열차단판의 스탬핑 해석을 수행하여 면 품질을 평가하였고, 주름 등의 면 품질을 개선하기 위한 방안을 도출한 후 CAE를 활용하여 개선 방안을 평가하였다.

(1) 열차단판의 스탬핑 성형해석을 수행하여 면품질 불량 위치를 실제 제품과 비교, 검증하였으며, 주름 발생의 원인은 금형면과의 불균일한 접촉과 방향에 따른 드로잉비의 차이가 원인임을 밝혀내었다.

(2) 제품의 면품질 불량을 개선시키는 방안으로 제품면 형상 변화와 드로우비드의 설치를 제안하였으며, 성형 해석을 이용하여 주름이 제거되는 것을 확인하여 제안된 면품질 개선 방안을 검증하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] 전기찬, 1993, 박판금속의 성형 - 이론과 실제 -, 반도출판사.
- [2] 이종문, 금영탁, 1999, 자동차 패널금형의 설계 해석과 현장 트라이아웃, 한국소성가공학회지, 제8권, 제2호, pp. 127~134.
- [3] 김세호, 2005, 프런트 엔드 모듈 캐리어 어퍼 부재의 면품질 개선을 위한 금형설계 변경, 한국소성가공학회지, 제14권, 제2호, pp. 153~159.
- [4] PAM-STAMP 2G 2005 User's Guide, ESI Group.