

전산해석을 이용한 자동차 브라켓 부품의 프로그래시브 성형 공정 설계

김기풍^{1#}, 이동길¹, 장경천¹, 김광향²

Progressive Forming Process Design of an Automotive Bracket Part with Computer Simulation

K. P. Kim, D. G. Lee, K. C. Jang, G. H. Kim

Abstract

This paper concerns the progressive die design for an automotive bracket part aided by the computer simulation in order to eliminate the inferiority such as the crack. The computer simulation of the progressive forming process is utilized in order to investigate cause of the cracks. This paper proposes a new guideline for the die design which modifies intermediate shapes and adds intermediate forming stages in progressive forming process. The effectiveness of the proposed design is verified by the computer simulation. The simulation result shows that the modified die design for the progressive forming process can eliminate the crack and improve quality of the automotive bracket part.

Key Words : Progressive die(프로그래시브 금형), die design(금형 설계), Computer simulation(전산 해석), Automotive bracket part(자동차 브라켓 부품)

1. 서론

자동차의 차체 부재는 주로 박판을 이용하여 프레스 공정에 의하여 생산되며, 자동차의 개발 기간의 단축을 위하여 부재 설계 데이터에서부터 금형 설계, 제작 및 양산까지의 신속한 진행이 요구되고 있다[1~2]. 특히 자동차에서 많이 적용되고 있는 브라켓류의 부품들은 트리밍(trimming), 피어싱(piercing), 포밍(forming) 및 굽힘(bending) 공정에 의하여 가공되므로 생산성이 높고 금형 비용을 줄일 수 있는 프로그래시브 성형 공정(progressive forming process)에서 부품을 생산하고 있다[3].

본 논문에서는 자동차 브라켓 부품(bracket part)의 프로그래시브 금형(progressive die)을 이용한 성형 과정에서 발생하는 파단 등의 불량을 개선하기 위하여 전산해석을 이용한 공정 설계를 수행하였다. 주

요 프로그래시브 공정에서 파단이 발생하는 단계와 원인을 찾고, 그 결과를 바탕으로 프로그래시브 공정 설계 방안을 제시하였다. 제시된 프로그래시브 공정 설계 방안은 전산해석을 이용하여 검증하였다.

2. 초기 설계 모델의 성형해석

2.1 해석 모델

본 논문에서 고려하는 자동차 부품은 앞 좌석(front seat)의 힌지(hinge)에 사용되는 브라켓 부품이다. 브라켓 부품 성형은 약 18 단계의 트리밍, 피어싱, 포밍 등의 공정으로 이루어지나, 본 논문에서는 성형성에 주요한 영향을 주는 포밍 공정을만을 고려하였다. Fig. 1 는 브라켓 부품의 성형을 위한 스트립 레이아웃(strip layout)의 초기 설계를 도시한 것이다.

1. 한국생산기술연구원 광주연구센터 동력부품지원센터
2. ㈜광산하이텍
교신저자: 한국생산기술연구원 동력부품지원센터,
E-mail: keepkim@kitech.re.kr

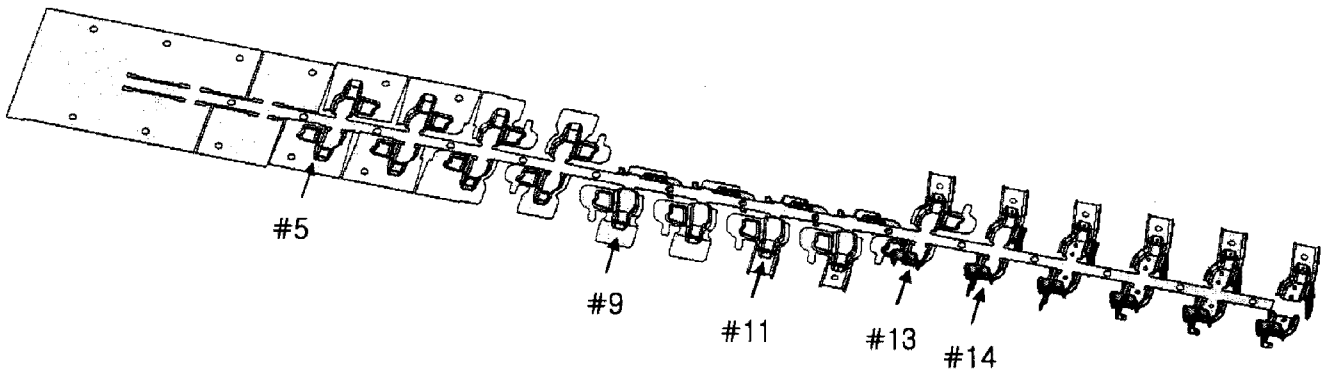


Fig. 1 Initial layout design for progressive forming process of the automotive bracket part

2.2 해석 조건

설계된 스트립 레이아웃을 이용하여 금형의 상형과 하형의 형상을 도출하고 이를 이용하여 성형해석을 수행하였다. 블랭크(blank)는 SAPH440 열연강판으로 두께는 2.6mm이고 금형과 블랭크 사이의 마찰 계수는 0.12이다. 강판의 유효응력 곡선은 $\sigma = 832.85(0.0078 + \epsilon)^{0.182}$ MPa 이고, 열연강판의 특성을 고려하여 소성이방성은 적용하지 않았다. 해석은 상용프로그램인 PAM-STAMP 2G[4]를 이용하였고, 적응적 요소 세분화 기법을 사용하여 접촉 부위의 요소가 형상을 잘 표현하도록 세분화 되도록 하였다. 성형해석은 Fig. 1에 표시한 #5, #9, #11, #12, #13 및 #14의 포밍 공정에 관하여 성형해석을 수행하였다. #9 이후의 포밍 공정 해석을 위하여 #6~8의 트리밍 공정은 고려하였으나, 피어싱 공정은 고려하지 않았다. 실제 공정에서는 브릿지(bridge)로 연결되어 좌우 측으로 동시에 성형되나, 본 논문에서는 해석을 효율을 위하여 대칭 경계조건을 부여하고 각 단계별로 한 쪽만을 성형 해석하였다.

2.3 성형 해석 결과

언급한 해석 조건을 기반으로 각 단계별로 포밍 해석을 수행하였다. #5의 포밍공정 해석 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 성형 높이가 낮기 때문에 최대 두께 감소율도 13.3%로 작게 나타났다.

#5의 포밍공정 해석 결과를 이용하여 #6~8의 트리밍 공정 해석을 수행하고, 다시 이를 이용하여 #9의 포밍공정을 성형해석하였다. Fig. 3에서와 같이 굽힘 발생하는 부분에서 최대 두께감소율이 19.4%가 발생하였으나, 외곽 부분에서는 굽힘의 집중으로 인한 두께의 증가가 발생하여 두께 감소율이 -51.6%로 나타났다.

#9의 성형해석 결과를 이용하여 플랜지 성형을 위한 #11의 포밍해석을 수행하였다. Fig. 4에서 볼 수 있는 것처럼 플랜지 외곽 부근에서 최대 두께 감소율이 79.4%로 과도하게 나타나 파단이 발생할 것으로 예상되었다. 따라서 이후의 #12, #13 및 #14의 포밍 공정에서도 발생된 파단이 남아있게 되므로 파단제거를 위하여 설계된 프로그래시브 성형 공정의 수정이 필요한 것으로 판단되었다.

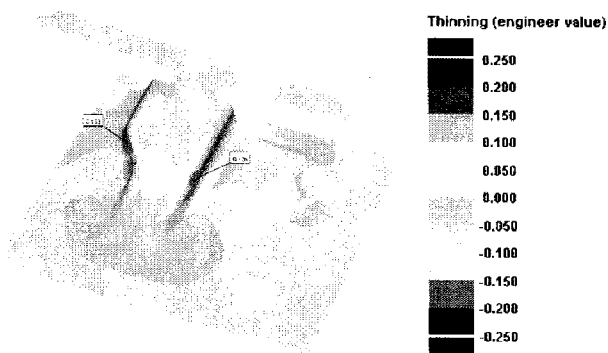


Fig. 2 Formed shape and thickness distribution in the process #5

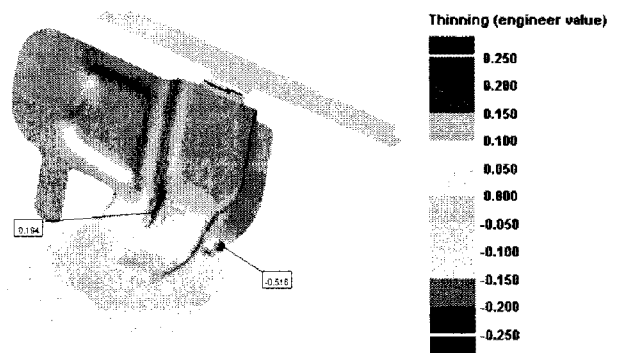


Fig. 3 Formed shape and thickness distribution in the process #9

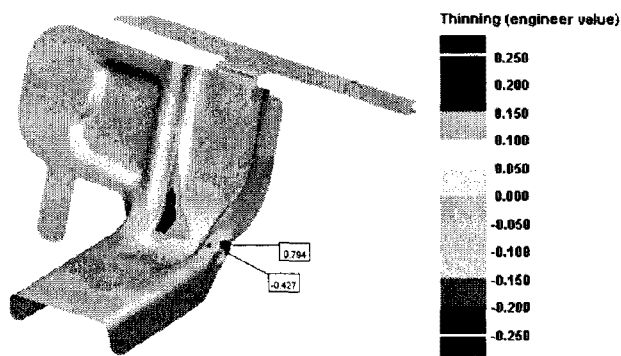


Fig. 4 Formed shape and thickness distribution in the process #11

3. 전산해석을 이용한 공정 설계

3.1 형상 변경을 통한 공정설계

플랜지 포밍 단계에서 발생된 파단은 #9 의 포밍공정에서 국부적이고 불균일하게 두께가 증가하고 #11 의 공정에서는 신장 플랜지 모드의 변형이 급격하게 발생하였기 때문에 나타난 현상으로 판단되었다. 따라서 본 논문에서는 #9 포밍의 형상을 Fig. 5 와 같이 플랜지 외곽 부분에 버블 형상을 갖도록 변경하였고, #11~14 공정과 같이 플랜지를 2 영역으로 나누어 부분적으로 포밍하는 기존의 공정을 Fig. 6 과 같이 플랜지 전체를 동시에 45° 굽힘 후 90°로 포밍하는 형태로 변경하였다.

3.2 전산해석을 이용한 설계 검증

먼저 Fig. 2의 #5 포밍 공정 해석 결과를 이용하여 Fig. 5(b)의 형상을 성형하기 위한 포밍해석을 수행하였다. 수행된 성형해석 결과는 Fig. 7과 같고, 최대두께 감소율도 플랜지 외곽 영역이 아닌 내부 영역에서 17.5%로 나타나 원활한 성형이 가능하였다. 국부적인 두께 증가도 내부 영역에서 나타나 플랜지 외곽에서는 급격하고 불균일한 두께변화가 발생하지 않았다.

Fig. 7의 성형 결과를 이용하여 Fig. 6에서 나타난 3단계의 포밍 공정 해석을 수행하였다. 먼저 스트립과 브릿지의 연결 각도를 변경시키는 포밍 공정 해석을 수행한 후 플랜지 영역을 45° 굽히는 포밍 공정 해석을 수행하였다. Fig. 8에서와 같이 최대 두께 감소율은 19.5%로 나타났고, 플랜지 외곽영역에서도 급격한 두께 감소가 발생하지 않아

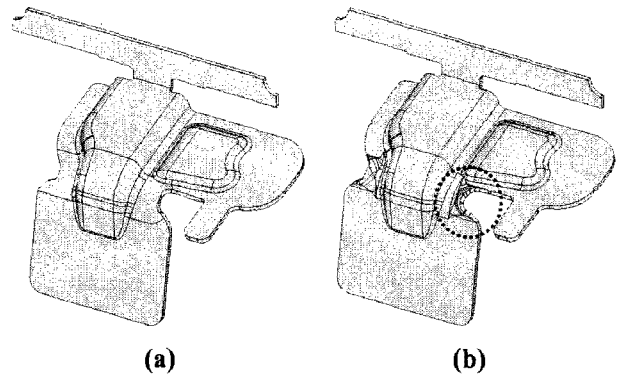


Fig. 5 Modification of intermediate shape in order to eliminate the crack: (a) original shape; (b) modified shape

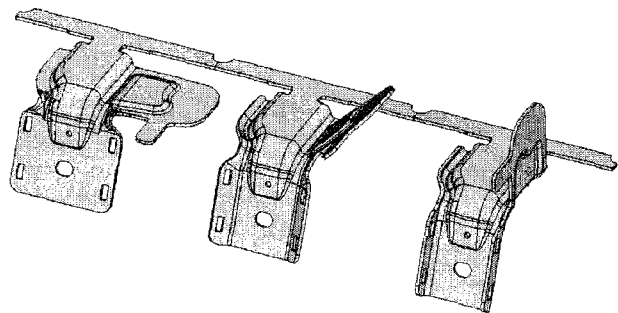


Fig. 6 Insertion of intermediate forming stage for 45° bending and 90° bending

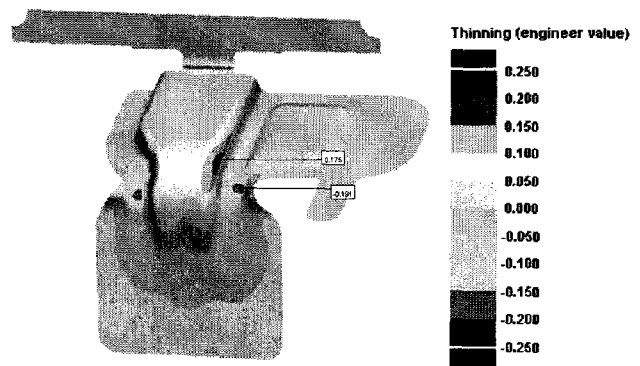


Fig. 7 Formed shape and thickness distribution in the modified process with bubble shapes

원활한 성형이 가능할 것으로 판단되었다.

45° 굽힘 해석 결과를 이용하여 플랜지 영역을 90° 굽히는 포밍 공정 해석을 수행하였다. 최대 두께 감소율은 26.5%으로 스트레칭(stretching) 변형에 의하여 나타나서 원활한 성형이 가능할 것

으로 판단되었고 Fig. 9에서 볼 수 있는 것처럼 플랜지 외곽에서도 최대 23.9%의 두께 감소가 발생하였다.

본 논문에서는 성형해석 이용하여 프로그래시브 성형 공정을 수정 설계 후 검증하였고, 이 결과를 토대로 자동차 브라켓 부품의 성형을 위한 프로그래시브 성형 공정을 Fig. 10과 같이 20공정으로 최종 제시하였다.

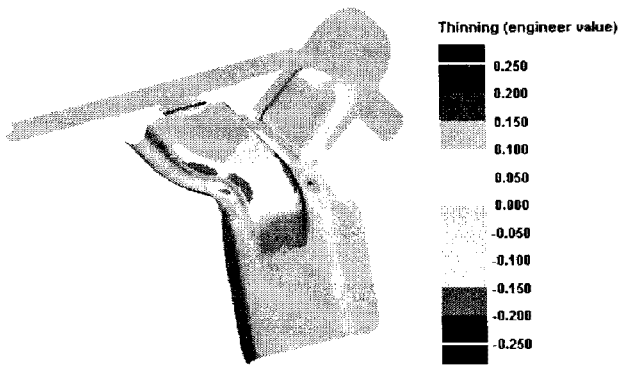


Fig. 8 Formed shape and thickness distribution in the 45° bending process

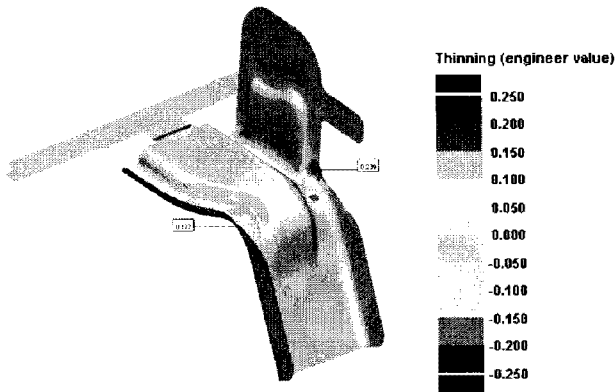


Fig. 9 Formed shape and thickness distribution in the 90° bending process

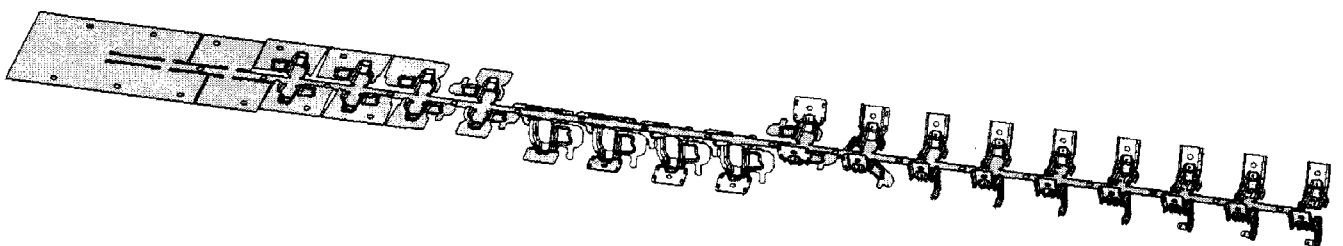


Fig. 10 modified layout design for progressive forming process of the automotive bracket part

4. 결론

본 논문에서는 프로그래시브 공정으로 생산되는 자동차 브라켓 부품의 파단 특성을 평가하고 전산 해석을 이용하여 제품 불량을 개선하기 위한 프로그래시브 공정 설계 방안을 제시하고 검증하였다.

(1) 자동차 브라켓 부품의 주요한 성형공정을 해석하여 파단의 발생 단계 및 원인을 분석한 후 프로그래시브 공정 설계 방안을 제시하였다.

(2) 제품의 파단을 제거하는 방안으로 버블 포밍과 같은 중간 형상 변경과 45° 굽힘의 중간 성형 단계의 추가를 제안하였으며, 제안된 설계 방안은 전산해석을 통하여 검증하였다.

참고 문헌

- [1] 전기찬, 1993, 박판금속의 성형 - 이론과 실제 -, 반도출판사.
- [2] 김기풍, 김세호, 이동길, 장경천, 2008, 차량용 열차단판의 면품질 개선을 위한 성형해석 기반 금형면 설계, 한국소성가공학회지, 제 17 권, 제 4 호, pp. 278~283.
- [3] 심성보, 이성택, 2004, 박판 포밍 제품의 프로그래시브 금형개발에 관한 연구, 한국기계가공학회지, 제 3 권, 제 4 호, pp. 43~49.
- [4] PAM-STAMP 2G 2005 User's Guide, ESI Group.