

980MPa급 초고강도강판을 이용한 센터 플로 사이드 멤버의 성형공정 연구

임희택¹, 서창희¹, 윤국태¹, 노현철¹, 신호동¹, 곽영식², 박춘달[#]

A Study on the Forming Process of Automobile Center Floor Side Member using Ultra High Strength Steel of 980MPa

H. T. Lim, C. H. Suh, K. T. Youn, H. C. Ro, H. D. Shin, Y. S. Kwak, C. D. Park

Abstract

Ultra high strength steels(UHSS) are widely used to fill the needs of lightweight part for automobile, and the control of springback is very important factor in sheet metal forming using UHSS. In this study, to lighten the center floor side member(CFSM) which is normally manufactured using 600~800MPa steel sheet, new design of the manufacturing process for CFSM using APFC980 has been proposed. To accomplish this goal, the influence of process variables such as die corner radius and die wall angle on the springback were investigated using FE-analysis. In order to insure the validity of FE-analysis, the springback results of FE-analysis was verified with prototype product.

Key Words : Springback, Ultra High Strength Steel, Center Floor Side Member, Finite Element Analysis

1. 서론

최근 환경오염과 에너지 자원 고갈의 문제로 인해 자동차의 경량화 기술에 대한 중요성이 급속히 부각되고 있다. 이러한 경향에 따라 자동차 부품에 난가공성 소재인 알루미늄, 마그네슘 등의 비철계 경량화 소재와 고강도강판 등을 적용하고 있다. 그러나 비철계 경량화 소재는 상온에서의 낮은 성형성으로 인한 설계 자유도 감소 및 제조 공정의 변화 등으로 인해 자동차 부품 생산에 광범위하게 적용하는 것에 다소 어려움을 갖고 있다. 반면에 고강도강판은 기존 부품의 제조 공정을 그대로 사용하면서 얇은 두께의 소재로 원하는 강성을 유지할 수 있기 때문에 자동차 부품에 적용이 빠르게 늘어나고 있는 상황이다. 특히 자동차 부품 중 구조 및 충돌 안전성 확보를 위하여 프레임(Door frame), 사이드 임팩트 빔(Side impact beam), 크로스 멤버(Cross member), 필라(Pillar)류, 범퍼 보강재 등에 안전성 향상 및 경량

화를 위해 고강도강판의 적용이 활발하게 이루어지고 있다[1, 2].

일반적으로 고강도강판을 적용하게 되면 강도 증가와 함께 전연신이 줄어들게 되어 성형성이 저하된다는 문제점을 갖게 된다. 또한 탄성영역의 확대에 인해서 스프링백이 증가하기 때문에 다른 부품과의 조립성이 낮아지고 치수적인 불균일의 발생으로 인해 제품 성능에 나쁜 영향을 미치게 된다. 그러나 자동차 부품의 경량화 요구는 점점 높아지고 있고 자동차 부품에 적용되는 비율도 계속해서 증가하고 있다. 따라서 앞으로 더 다양한 자동차 부품에 고강도강판을 적용하기 위해서 스프링백의 제어 방안 연구는 필수적이라고 할 수 있다[3].

본 연구에서는 센터 플로 사이드 멤버(Center floor side member)의 경량화를 위하여 기존에 사용하던 600~800MPa급의 강판을 980MPa급의 강판으로 대체하기 위한 성형 공정을 개발하고자 한다. 이를 위해 스프링백 제어를 위한 공정설계가

1. 대구기계부품연구원

2. 월산

교신저자: 대구기계부품연구원 차세대금형기술혁신센터

E-mail: pcd0727@dmi.re.kr

수행되었으며, 스프링백을 예측하기 위해서 금형의 구간별 높이, 측벽 각도, 코너부 반경을 주요 공정 변수로 하여 성형공정해석을 수행하였다. 그리고 시제품 제작을 통해서 스프링백 공정해석의 유효성을 확인하였다.

2. 센터 플로 사이드 멤버

본 연구의 대상 모델인 센터 플로 사이드 멤버는 기존 제품 대비 동등 이상의 성능과 경량화를 목표로 개발되었다. Fig. 1은 자동차에 장착되는 센터 플로 사이드 멤버의 위치를 나타낸다.

3. 센터 플로 사이드 멤버의 성형공정해석

3.1 초고강도강판의 기본 소재물성

센터 플로 사이드 멤버에 적용한 소재는 초고강도강판인 APFC980 1.8t로 일반 고강도강판에 비해 높은 항복강도 및 인장강도를 갖고 있다. Table 1은 인장시험을 통해 구한 기본 소재물성이다.

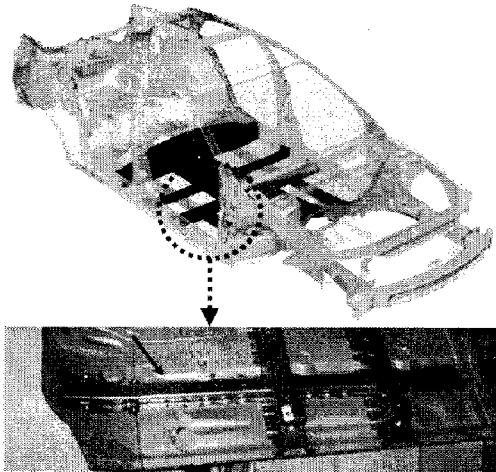


Fig. 1 Center floor side member

Table 1 Material property of APFC980 for simulation

| | |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Density | $7.8 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ |
| Young's modulus | 207 GPa |
| Poisson's ratio | 0.3 |
| Thickness | 1.8 mm |
| Stiffness coefficient | 1455 MPa |
| Work Hardening exponent | 0.1099 |
| Elongation | 12.6 % |
| Yield Stress | 712 MPa |

3.2 성형공정해석

본 연구에서는 초고강도강판의 멤버류 성형에 주로 적용되고 있는 폼타입(Form type)의 성형공정을 사용하였다. 스프링백 공정해석은 범용 성형해석 프로그램인 PAM-STAMP를 이용하였으며 정적 평형 상태를 만족하는 내연적 유한요소법(Static implicit FEM)을 사용하였다. Fig. 2는 성형공정해석을 위해 구성된 유한요소모델이며 Fig. 2에서 사용된 블랭크 형상은 공정수 절감을 위해 트리밍 공정을 줄일 수 있도록 제품형상의 전개 및 성형해석에 의해 최적화된 것이다.

초기 성형공정은 최종 제품형상 및 스프링백을 고려하여 설계된 금형을 사용하였다. 그 결과 Fig. 3과 같이 플랜지(Flange) 끝부분에서 국부적인 파단이 예상되었다. 따라서 성형공정을 1차 폼(Form) 공정(OP10)과 2차 폼 공정(OP20)으로 구분하였으며 1차 공정에서는 제품형상 및 스프링백 저감을 목표로 하였고 2차 공정에서는 스프링백 개선을 통한 치수정밀도 향상을 목표로 Fig. 4와 같이 금형을 설계하였다. 모든 단면형상은 Fig. 2의 단면A를 기준으로 나타내었다.

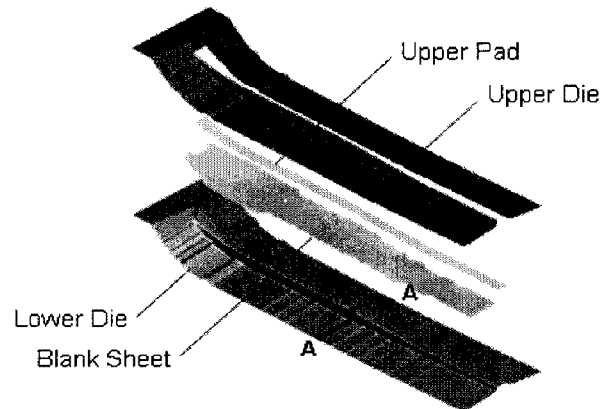


Fig. 2 Finite element model for forming simulation

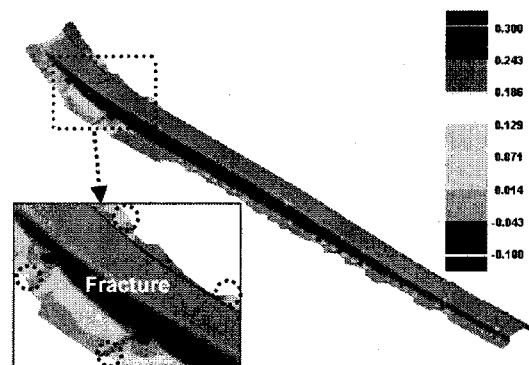


Fig. 3 Thinning distribution after forming simulation

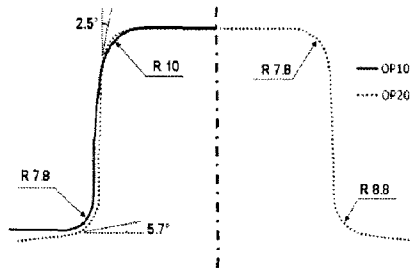


Fig. 4 Section view of initial OP10 and OP20 die

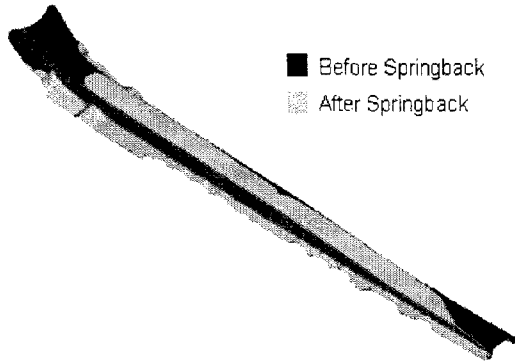


Fig. 5 Comparison of deformed shape before and after Springback

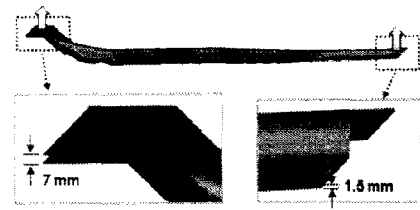
본 연구에서는 스프링백의 크기를 평가하기 위하여 Fig. 5와 같이 스프링백 공정해석 전/후의 형상을 비교하였고 유한요소모델의 각 절점에 대한 좌표변화를 식1, 2와 같은 표준편차를 사용하여 정의하였다.

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (z_k - z_0)^2} \quad (1)$$

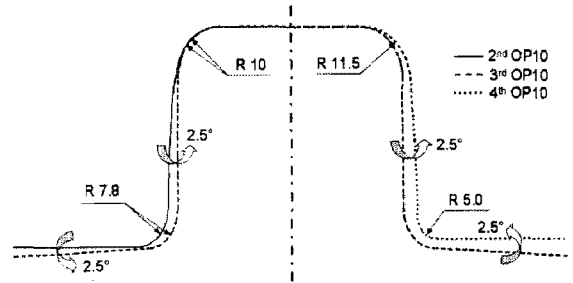
$$\sum \sigma = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z \quad (2)$$

여기서, z_0 와 z_k 는 스프링백 공정해석 전/후 형상의 좌표이며, n 은 스프링백 크기 비교를 위해 사용된 유한요소모델의 절점 개수이다.

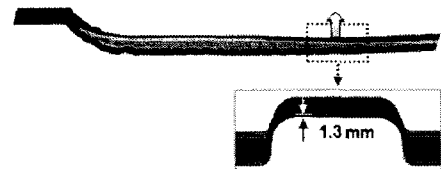
Fig. 6은 스프링백 저감 효과를 분석하기 위한 1차 드로우 공정의 금형 수정 내용을 정리한 것이다. Fig.6의 (a), (c)는 길이방향의 스프링백을 제어하기 위해 금형의 구간별 높이를 조절한 것이며 (b)는 폭방향의 스프링백을 제어하기 위해 금형의 측벽 각도 및 코너부 반경을 수정한 것이다. Table 2는 1차 공정과 2차 공정의 수정된 공정 변수를 나타낸 것이며 2차 공정의 공정변수는 1차 공정과 유사한 기준에 의해 수정되었다.



(a) 2nd OP10 model



(b) 3rd and 4th OP10 model



(c) 5th OP10 model

Fig. 6 Modified OP10 models for springback analysis

Table 2 Process variables for springback analysis

| OP10 | Variables | OP20 | Variables |
|-----------------|-------------------------------|-----------------|----------------|
| 1 st | Initial model | 1 st | Initial model |
| 2 nd | Front 7 mm ↑ Rear 1.5 mm ↑ | 2 nd | R7.8 → R5.8 |
| 3 rd | - 2.5° | 3 rd | + 5° |
| 4 th | + 2.5° R7.8 → R5.0 | 4 th | Rear 0.3 mm ↑ |
| 5 th | Rear 1.3 mm ↑ | 5 th | Front 0.8 mm ↑ |

Fig. 7은 Table 2의 공정변수에 대한 스프링백 공정해석 결과를 식 1, 2에서 정의한 표준편차로 계산하여 비교한 것이며 x축은 각 공정의 수정된 내용을 표시한 것이다. 예를 들어 M53의 경우, 1차 공정의 5번째 수정된 금형과 2차 공정의 3번째 수정된 금형을 이용하여 성형공정해석을 수행한 것이다. Fig. 7의 (a)는 센터 플로 사이드 멤버의 전체 형상에 대한 스프링백 표준편차이며 (b)는

조립성능 평가를 위한 제품 가장자리의 스프링백 표준편차이다.

스프링백 저감 효과가 가장 큰 공정은 M55 공정이었으며 5번째 1차 공정과 5번째 2차 공정을 사용한 것이다. Table 2에서 1, 2차 공정 모두 코너부 반경이 수정된 것을 확인할 수 있다. 그러나 금형의 구간별 높이, 측벽 각도 등 다른 공정변수도 스프링백 저감에 영향을 주고 있다.

4. 센터 플로 사이드 멤버의 시제품 제작

본 연구에서는 성형공정해석 결과를 바탕으로 최적 성형공정 및 최적 금형 형상을 결정하여 Fig. 8와 같이 시제품 금형을 제작하였다. Fig. 9는 Fig. 8의 금형에 의해 성형된 센터 플로 사이드 멤버 시제품이며 조립공차 ± 1.0 mm을 만족하였다.

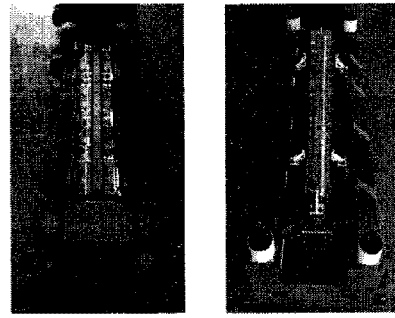


Fig. 8 Forming tools for real tryout

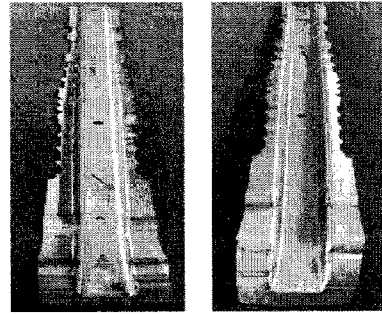
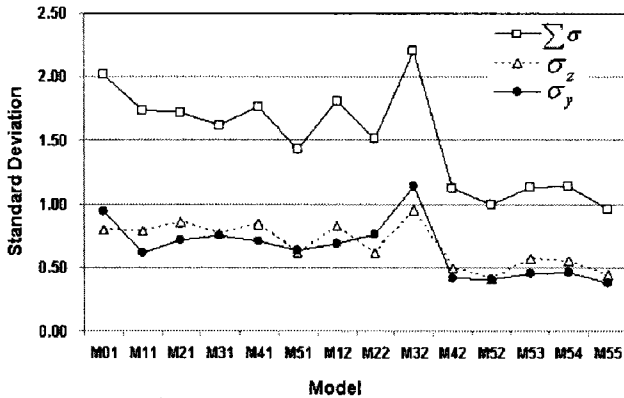
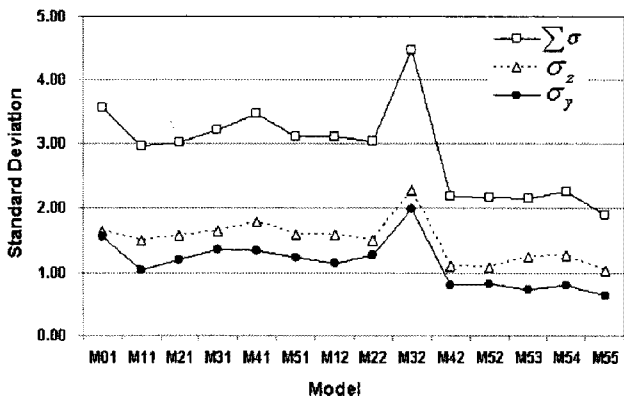


Fig. 9 Final product by real tryout



(a) All geometry



(b) Edge

Fig. 7 Comparison of standard deviation for process variables

5. 결론

본 연구에서는 초고강도강판을 적용한 센터 플로 사이드 멤버의 효과적인 스프링백 저감을 위하여, 다양한 공정변수에 대한 성형공정해석을 수행하였으며 그 결과를 표준편차로 계산하여 평가하였다. 그리고 성형해석결과를 통해 제안된 최적 성형공정 및 최적 금형 형상으로 조립공차 ± 1.0 mm을 만족하는 시제품을 제작할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 차승훈, 이상곤, 고대철, 김병민, 2009, 980MPa 급 초고장력 강판의 자동차 프런트 사이드 멤버 부품 성형에 관한 연구, 한국소성가공학회지, 제18권, 제1호, pp.39~44.
- [2] 박인천, 김영주, 이종문, 박영철, 2006, 스프링백 전산모사를 이용한 자동차 판넬의 설계공법 최적화, 한국소성가공학회지, 제15권, 제2호, pp. 164~171.
- [3] S.A. Asgari, M. Pereire, B. F. Rolfe, M. Dingle, P. D. Hodgson, 2008, Statistical analysis of finite element modeling in sheet metal forming and springback analysis, J. Mat. Proc. Tech., Vol. 203, pp. 129 ~ 136.