

고강도 강판을 적용한 프런트 사이드 멤버의 스프링백 해석

송정한¹, 허 훈[#], 김세호², 박성호³

Springback Analysis of the Front Side Member with Advanced High Strength Steel

J. H. Song, H. Huh, S. H. Kim, S. H. Park

Abstract

Springback is a common phenomenon in sheet metal forming, caused by the elastic recovery of the internal stresses after removal of the tooling. Recently, advanced high strength steels (AHSS) such as TRIP and DP are finding acceptance in the automotive industry because their superior strength to weight ratio can lead to improved fuel efficiency and assessed crashworthiness of vehicles. The major troubles of the automotive structural members stamped with high strength steel sheets are the tendency of the large amount of springback due to the high yield strength and the tensile strength. The amount of springback is mainly influenced by the type of the yield function and anisotropic model induced by rolling. The discrepancy of the deep drawn product comparing the data of from the product design induced by springback must be compensated at the tool design stage in order to guarantee its function and assembly with other parts. The methodology of compensation of the low shape accuracy induced by large amount of springback is developed by the expert engineer in the industry. Recently, the numerical analysis is introduced in order to predict the amount of springback and to improve the shape accuracy prior to tryout stage of press working. In this paper, the tendency of springback is evaluated with respect to the blank material. The stamping process is analyzed for the front side member formed with AHSS sheets such as TRIP60 and DP60. The analysis procedure fully covers the binderwrap, stamping, trimming and springback process with the commercial elasto-plastic finite element code LS-DYNA3D.

Key Words: Springback(스프링백), Advanced High Strength Steel (고강도강), Front side Member (프런트 사이드 멤버)

1. 서론

프레스에 의한 판재의 성형가공은 굽힘, 드로잉, 스트레칭 등의 복합적인 변형의 작용과 재료의 성형성, 이방성과 같은 기계적 성질, 금형의 마찰 및 윤활조건, 블랭크 홀딩력, 드로오비드력과 같은 공정변수에 의하여 주름, 크랙, 스프링백과 같

은 성형 불량이가 나타난다. 이러한 성형 불량 중 스프링백은 판재가 금형에 의하여 강제적으로 변형이 발생한 후 금형으로부터 이탈되었을 때 판재 내부의 응력이 정적 평형상태를 유지하기 위하여 응력상태가 재편되면서 발생하는 변형형상으로 제품의 치수 정밀도를 떨어트려 조립 불량 의 원인이 된다.

1. 한국과학기술원 기계공학과

2. 대구대학교 자동차 산업 기계 공학부

3. 포스코 기술연구소

교신저자: 한국과학기술원 기계공학과, hhuh@kaist.ac.kr

최근까지 자동차 산업에서는 판재의 성형성 등 기술적인 문제로 인하여 강도는 떨어지더라도 연성과 성형성이 우수한 냉연강판을 선호하였다. 그러나 전 세계적인 환경문제의 대두로 인한 연비효율의 개선과 배기 가스등의 문제로 인하여 경량화를 위한 고강도 강판의 적용에 대한 요구가 증대되고 있다. 하지만 강판의 강도가 높아질수록 스프링백의 증가로 치수 정밀도의 제어가 어려워지는 문제점이 있다.

판재의 스프링백과 관련하여 과거에는 단순 굽힘에 관한 실험에 바탕을 두어 연구되었으나 최근에는 유한요소 해석을 통하여 스프링백과 같은 성형 불량을 예측하고 있다. 본 논문에서는 고강도강판 중 60kg 급의 TRIP (Transformation induced plasticity) 과 DP(Dual phase) 강을 적용한 프런트 사이드 멤버에 대하여 스프링백 해석을 수행하여 스프링백 특성을 조사하였다. 각 재료에 대하여 스탬핑 공정과 트리밍 공정해석을 수행한 후 얻은 프런트 사이드 멤버에 대하여 스프링백 해석을 수행하였다. 본 논문에서 성형공정해석에서는 외연적(explicit) 탄소성 유한요소해석을, 스프링백 해석에서는 내연적(implicit)탄소성 방법을 채택하였는데 이렇게 함으로써 계산 효율과 정확성을 극대화 시킬 수 있기 때문이다.

2. 프런트 사이드 멤버의 성형해석

본 논문에서는 Fig. 1 의 프런트 사이드 멤버에 대하여 스프링백 특성을 비교하였다. 이를 위하여 Fig. 2 의 형상으로 스탬핑 공정해석을 수행하였다. 해석에 사용된 판재는 재단용접된 TRIP 60 과 DP 60 이며 각각의 유동응력 곡선은 Fig. 3 과 같다.

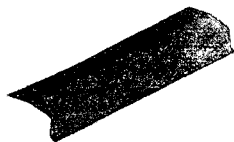


Fig. 1 The stamped shape of front side member

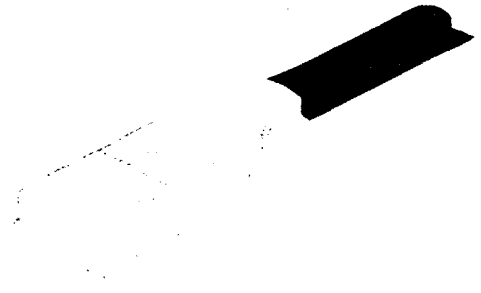


Fig. 2 The trimmed shape of front side member

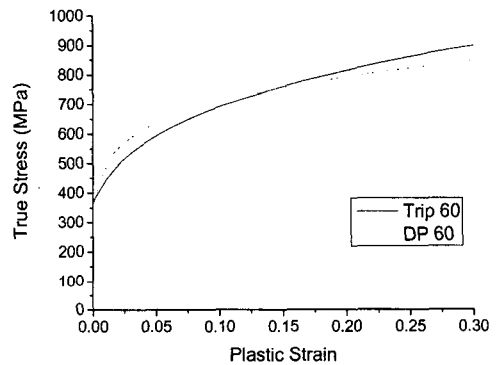


Fig. 3 Flow stress curves of TRIP 60 and DP60

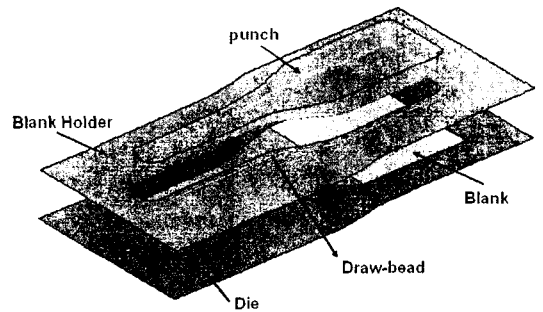
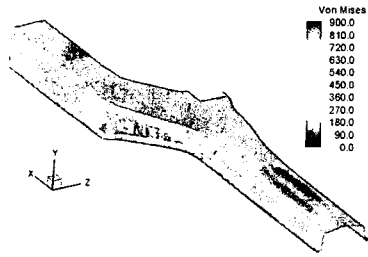
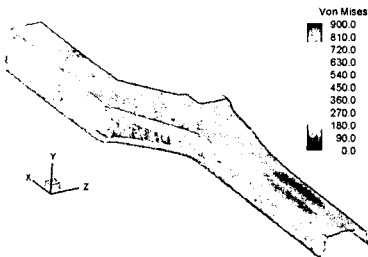


Fig. 4 Initial setup of tools and blank for the stamping analysis of front side member

스탬핑 공정에 관한 유한요소 해석은 외연적 탄소성 프로그램인 LS-DYNA 를 사용하였다. Fig. 4 에 해석에 사용한 금형 시스템을 도시하였다. 블랭크 홀딩력은 75 kN 을 부가하였으며, 판재와 금형 사이의 마찰계수는 0.15 로 가정하였다. 블랭크 홀더에 부착된 드로오비드의 구속력은 100 N/mm 를 부가하였으며, 측벽부 및 곡률부에서의 변형형



(a) TRIP 60



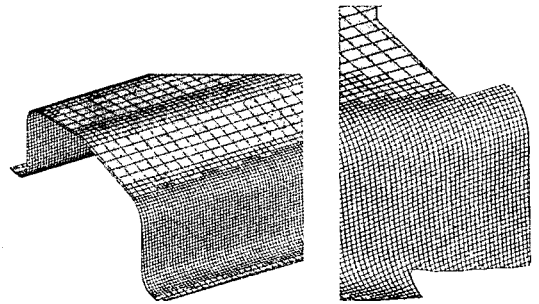
(b) DP 60

Fig. 5 The distribution of von Mises stress in the front side member

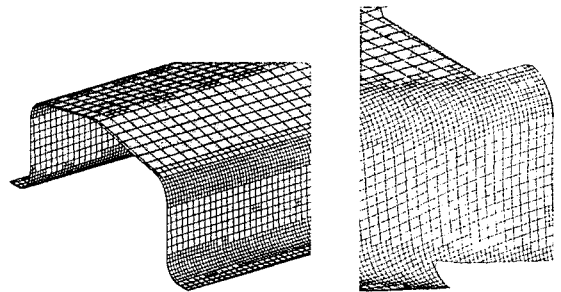
상을 정확하게 묘사하기 위하여 적응형 격자 시스템(adaptive mesh system)을 사용하여 스프링킹 공정의 유한요소 해석을 수행하고 이를 바탕으로 트리밍 공정해석을 수행하였다. Fig. 5 에 트리밍 후 프론트 사이드 멤버의 von Mises 응력 분포를 도시하였다. 주로 측벽부에서 응력집중이 발생함을 살펴 볼 수 있다.

3. 프론트 사이드 멤버의 스프링백 해석

스프링백 현상의 유한요소 해석은 스프링백 현상이 박판이 성형된 후 박판 내부의 응력이 탄성적으로 재편되면서 발생하기 때문에 탄성율을 고려하면서 정확도가 높은 내연적 탄소성 유한요소법의 채택이 필수적이다. 본 논문에서는 LS-DYNA 의 내연적 방법을 사용하여 스프링백의 유한요소 해석을 수행하였다. 내연적 방법의 경우 블랭크의 요소수에 의하여 강성행렬의 크기가 좌우되기 때문에 해석 시간을 줄이기 위하여 성형 해석 결과 주변 요소와 형상 변화가 크지 않은 요소를 Fig. 6 과 같이 합쳐서 스프링백 해석을 수행하였다. 스프링백 해석을 수행하는데 있어서 강



(a) before coarsening



(a) after coarsening

Fig. 6 Mesh coarsening for the springback analysis

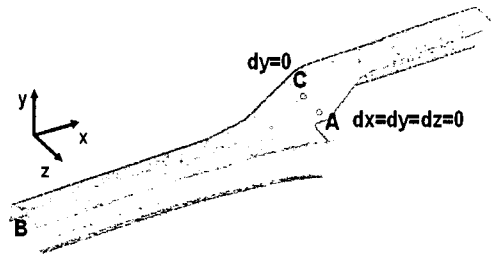


Fig. 7 Boundary condition for the springback analysis

체운동을 제거하기 위하여 경계조건을 추가하여야 한다. 본 논문에서는 프론트 사이드 멤버의 조립조건을 고려하여 Fig. 7 과 같이 세 점에 경계조건을 추가하여 강제운동을 제거하였다.

고강도 강판을 적용한 프론트 사이드 멤버의 스프링백 특성을 조사하기 위하여 Fig. 8 의 (a) 에 도시한 단면에 대하여 변형특성을 비교하였다. 비교 단면의 선정은 프론트 사이드 멤버의 길이 방향으로 두 곳, 단면 방향으로 세 곳을 선정하였다. 스프링백 해석결과 프론트 사이드 멤버의 스프링백은 길이방향에 대하여 위로 들리는 탄성복원이

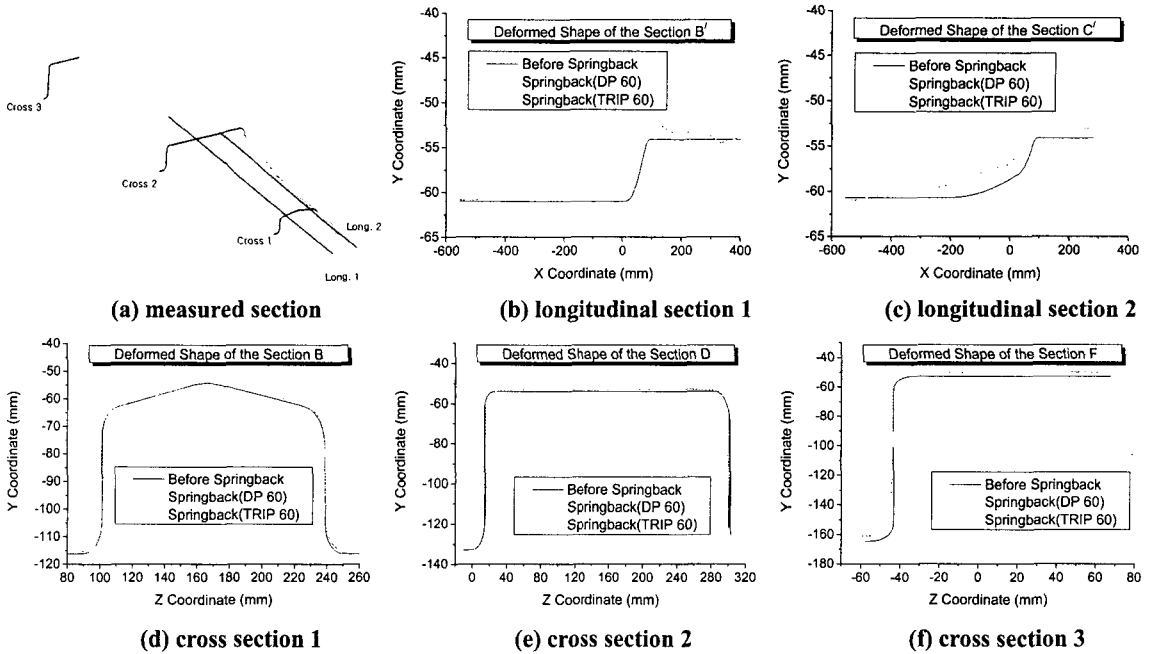


Fig. 7 Comparison of the deformed shape after springback

주로 발생하고 있음을 살펴볼 수 있다. 단면방향의 변형형상에 대하여 살펴보면 트리밍되어 나가는 단면 절단면 3에서 측벽부가 들리면서 탄성복원이 발생하고 있으며 그 외 부분에서는 상대적으로 탄성복원이 크게 발생하지 않았다. 그리고 DP 60과 TRIP 60의 에 대하여는 DP 60이 더 탄성복원이 크게 발생함을 살펴볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 고강도강판인 TRIP 60강과 DP 60강을 적용한 프런트 사이드 멤버에 대하여 성형공정 해석과 스프링백 해석을 수행하여 스프링백 특성을 비교하였다. 채널형태로 성형되는 프런트 사이드 멤버의 경우 스프링백 결과 길이방향으로 들리는 방향으로 스프링백이 최대 5.6 mm 정도로 주를 이루며 상대적으로 단면 플랜지에 의한 스프링백은 적게 발생하였다. TRIP 60강과 DP 60강에 대하여는 DP 60강을 적용한 경우가 탄성복원이 크게 발생하며 이는 길이방향에 대한 탄성복원을 일으키는 천장부의 변형률 크기가 12% 정도로 이 경우 DP 60의 유동응력이 높기 때문이다.

참고 문헌

- [1] H. Huh, J. H. Song, S. H. Kim and S. H. Kim, 2004, "Effect of Draw-bead and Blank Holding Force on Sheet Metal Forming Process", Proc. NUMIFORM 2004, N078.
- [2] 송정환, 허 훈, 김세호, 김승호, 2005, 해석적인 방법을 이용한 복잡한 형상의 자동차 부재 스탬핑 공정에서의 주요 설계인자 연구, 한국소성가공학회지, 제 14 권, 제 1 호, pp. 21~28.
- [3] 양재봉, 전병희, 오수익, 2000, 반응표면분석법을 이용한 알루미늄 판재 성형공정의 스프링백 저감에 관한 연구, 한국소성가공학회지, 제 9 권, 제 5 호, pp. 526~532.
- [4] 김용환, 김태우, 이영선, 이정환, 고강도 TRIP 강의 스프링백에 대한 연구, 2004, 한국소성가공학회지, 제 13 권, 제 5 호, pp. 409~414.
- [5] J. Hallquist, 2001, "LS-DYNA Keyword User's Manual - Version 960", Livermore Software Technology Corporation.
- [6] 전기찬, 1993, "박관금속의 성형 - 이론과 실제", 반도출판사