

자동차용 프론트 사이드 멤버의 일체복합성형해석 및 보강판재의 위치결정

윤석진¹·김현영^{#1}·김관희²·윤재정²·송종호³

Determination of Position for Reinforcement Blank at Simultaneous Forming Analysis of Automotive Front Side Member

S. J. Yoon¹, H. Y. Kim^{#1}, K.H. Kim², J.J. Kim², J.H. Song³

Abstract

Automotive manufacturers lay their eyes on the new manufacturing technologies because of the strengthened competition. Among them, a simultaneous forming is one of the innovative forming technologies to be able to reduce production time and cost. Several parts can be simultaneous manufactured by process, while the conventional stamping demands the same number of die sets with the number of parts. In this study, the automotive front side member was manufactured by the simultaneous forming. The position and the size of initial blank were determined by forming analysis and try-outs, and the blank movement during the forming was controlled by introducing the pilot pin.

Key Words : Simultaneous forming (일체복합성형), Front side member(프론트 사이드 멤버), Reinforcement blank(보강 판재), Inverse analysis(역설계), Blank position(판재 위치), Blank shape(판재 형상)

1. 서론

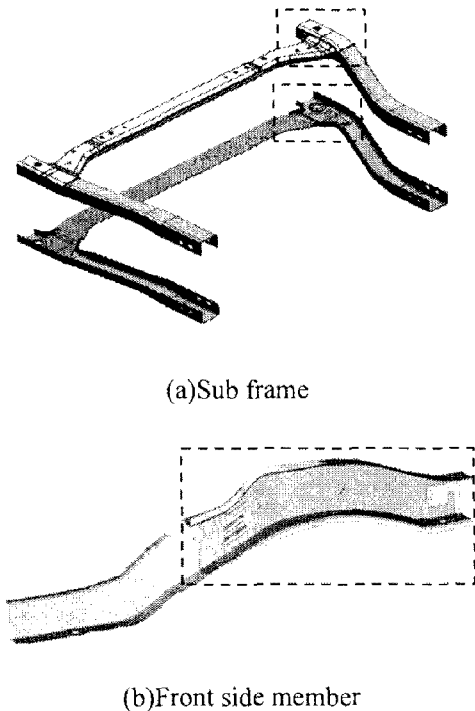
일체복합성형(simultaneous forming)은 2개 이상의 동종 혹은 이종의 재질 및 두께를 갖는 박판을 동시에 성형하는 기술로 기존의 금형 제작 및 여러 공정을 통한 성형 기술이다. 이러한 기술이 프레스 성형 공정에 널리 적용되고 있는 자동차 부품 산업, 즉 자동차 프레임 부품들의 제조 산업에서 생산성 및 경쟁력 향상의 일환으로 일체 복합성형 기술에 대한 관심이 증대되고 있는 추세이다[1].

일체복합성형 기술에 대한 간략한 도식은 Fig.1과 같으며, 기존의 다단계 공정으로 이루어진 판재 성형 방식에 비해 두 개 이상의 부품을 동시에 성형함으로써 공정수를 대폭 감소시킬 수 있을 것으로

예상된다. 그러나, 기존 판재 성형에서는 판재를 잡아주는 홀더 및 드로우 비드, 판재 형상 등을 포함하여 포밍 공정 이후 트리밍까지 함께 연계되어 성형공정에 대한 제어가 용이한 반면에 일체복합성형은 두 개 이상의 판재를 겹쳐서 단번에 성형이 완료되는 특징으로 인해 각 구성부의 정확한 소재 유동 예측에 기초한 초기 판재 형상의 결정이 어려운 단점이 있다[2~3].

그러므로, 일체복합성형에 관한 연구에서 가장 중심이 되는 기술은 소재 유동 예측에 기초한 초기 판재 형상을 최적화하는 것이다. 또한 홀딩 공정에 따른 판재의 변형과 스탬핑 공정중의 판재와 판재 사이의 상호 물리적 연관성에 따라 발생하는 여러 가지 공정 조건을 고려한 초기 판재 형상 및 위치

1. 강원대학교 기계메카트로닉스공학부
2. ㈜ 세원정공
3. 자동차부품연구원
E-mail : khy@kangwon.ac.kr



(a) Sub frame
(b) Front side member
Fig. 1 Concept diagram

를 계산해야 할 것으로 예상된다.

본 논문에서는 Fig.2와 같이 프론트 사이드 멤버 (front side member)의 외판재와 보강판재의 일체복합성형에서 발생하는 여러가지 공정조건을 고려한 초기 보강 판재의 형상과 위치를 예측하였으며, 유한 요소 해석에 사용한 상용 소프트웨어로는 증분형 유한요소 프로그램(Incremental Explicit Program)인 PAM-STAMP를 이용하여 일체복합성형 공정에 대한 해석 방안을 제시하였다. 그리고 초기 보강판재의 형상과 위치를 결정하기 위해 PAM-STAMP의 Flattening analysis를 사용하여 성형 후 외판재의 형상에 보강판재의 외곽 라인을 투사시킨 후 초기 판재의 형상으로 Flattening analysis를 하여 보강판재의 형상과 위치를 예측 및 결정하였다[4~6].

2. 프론트 사이드 멤버

프론트 사이드 멤버는 차체 구조중 언더바디의 한 부분으로 리어 플로어 사이드 멤버, 크로스 멤버, 플로어 패널과 함께 엔진 및 서스펜션, 구동장치 지지와 차체의 뒤틀림, 구부러짐을 막아주며 강도 및 강성을 보안을 위해 보강판재가 사용된다 (Fig. 2). 기존의 프론트 사이드 멤버의 가공방법으로는 외판재와 보강판재가 개별 제작되어 볼트와

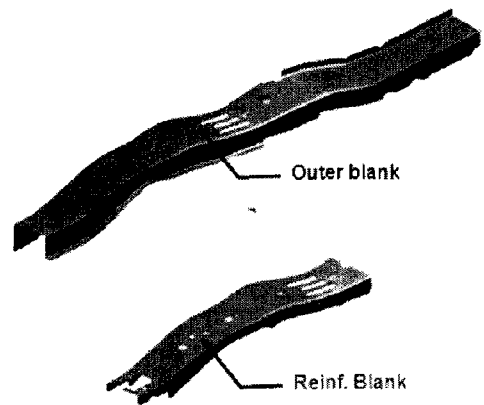


Fig. 2 Shape of front side member

너트로 조립이나, 용접을 통하여 결합된다. 하지만 본 연구에서는 일체복합 성형을 사용하여 한번의 프레스 공정으로 외판재와 보강 판재의 조립 및 성형을 완성하려한다

외판재와 보강 판재 모두 합금화 용융 아연 도금강판(SGARC590)을 사용하였으며, 외판재의 소재 두께는 1.6mm이고, 보강 판재의 소재 두께는 1.4mm이다.

3. 외판재의 성형해석

3.1 파이롯트 핀의 설정

위의 보강판재의 형상 및 위치를 결정 후 외판재와 보강판재를 블랭크 홀더 위에 고정하여 성형 해석을 진행하면 블랭크 홀더에 보강판재가 고정되지 않는다. 보강판재의 위치가 고정되지 않으면 정확한 초기 위치 선정 불가능하여 소재의 유동 재어가 불가능하다. 그래서 외판재와 보강판재의 움직임을 방지와 균일한 제품의 생산을 위해 Fig.3과 같이 펀치에 파이롯트 핀(pilot pin)을 적용하여 외판재와 보강 판재의 일정한 위치를 잡아 주었으며, 블랭크 홀더에 고정되지 않았던 보강판재를 파이롯트 핀을 사용하여 펀치에 고정하였다.

3.2 파이롯트 핀을 적용한 외판재의 성형해석

처음으로 보강판재를 제외한 외판재만으로 성형 해석을 진행한다. 보강판재를 제외한 이유는 외판재의 성형 후의 판재 데이터에 보강판재의 형상 및 위치 정보를 투사한 후 초기 성형전의 판재 형

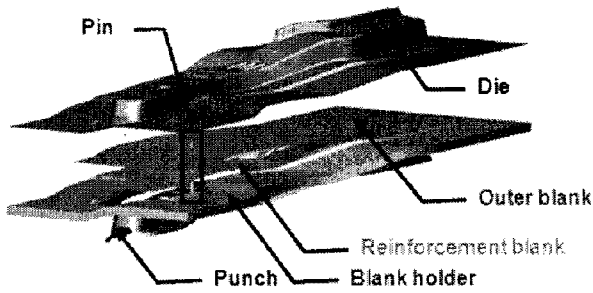


Fig. 3 Die and pilot pin shape

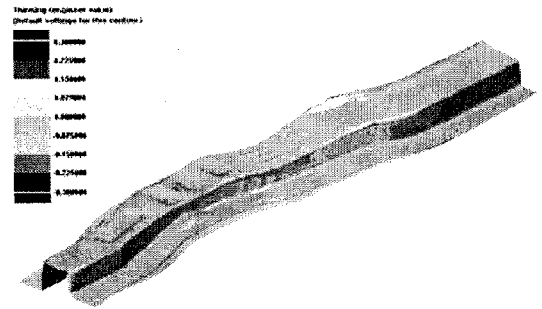


Fig. 6 Thinning distribution of outer Blank

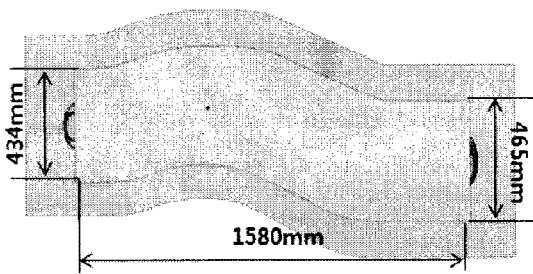


Fig. 4 Shape and size of outer Blank

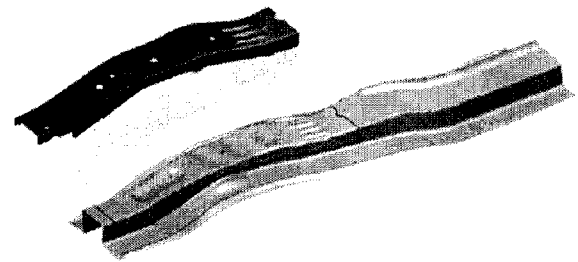


Fig. 7 Reinforcement Blank's out line projection on outer blank

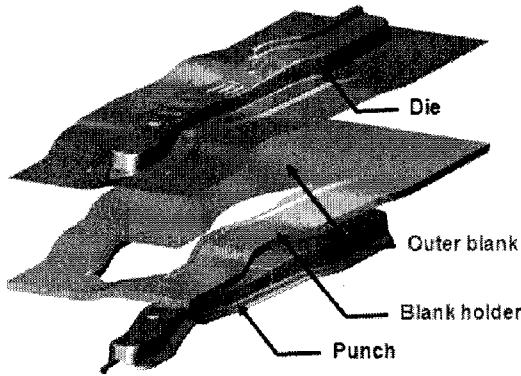


Fig. 5 Stamping die of front side member

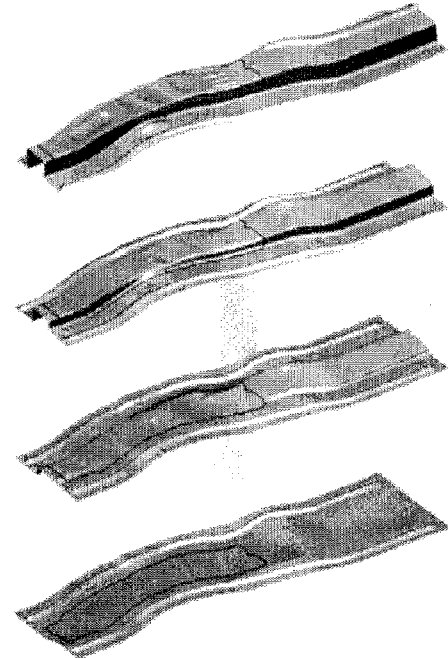


Fig. 8 Flattening analysis of reinforcement Blank

상으로 Flattening analysis을 통하여 보강판재의 초기 형상 및 위치를 예측하여 성형해석을 진행할 것이다. 보강판재를 제외한 외판재의 형상, 크기와 위치는 Fig.4와 같이 설정했다.

Fig. 5는 다이, 블랭크 홀더, 펀치 및 판재를 나타내는 그림으로 실제 성형에 사용되는 다이 세트를 나타낸다. 펀치를 구속하고 다이가 하강하는 단동식(single action) 방식으로 성형이 이루어진다. 블랭크 홀딩력은 600kN이며, 5mm/msec의 속도로 다이가 하강하는 공정으로 성형해석을 진행하였으며, 마찰계수는 윤활가정으로 0.1을 설정하였다.

Fig.6은 파이롯트 핀을 적용하여 보강판재를 제외한 외판재의 성형해석 후 결과를 나타낸다. 최소 두께변형률은 25.49%로 파단 발생 없이 성형이 될 것으로 예상된다.

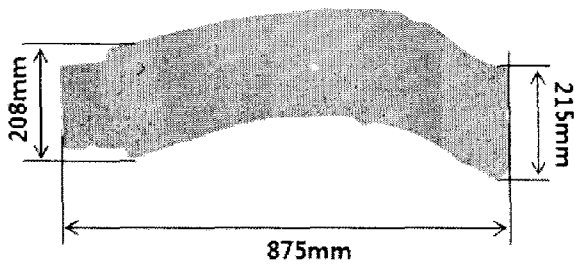


Fig. 9 Shape and size of reinforcement blank

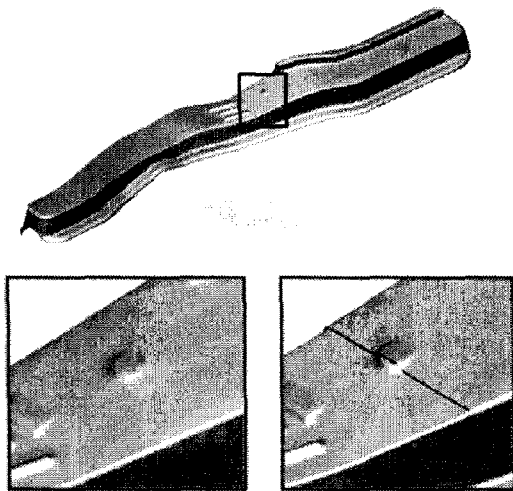


Fig. 10 Modified die shape using step height

3.3 보강판재의 형상 및 위치 결정

Fig.7은 Fig.6의 성형해석 결과에 설계상 보강판재의 위치에서 외곽라인을 투사한 모습이다. 다음의 보강판재의 외곽라인을 투사한 선을 이용하여 Fig.8과 같이 PAM-STAMP의 Flattening analysis를 사용하여 보강판재의 초기 위치를 예측하였고, 예측한 보강판재의 형상과 크기는 Fig.9와 같다. 외판재와 보강판재가 겹쳐지는 부분의 원활한 성형을 위하여 Fig.10과 같이 보강판재와 펀치가 접촉하는 부분에 보강판재와 두께와 동일한 1.4mm에 공차 10%를 적용하여 1.54mm의 단차를 적용하였다.

3.4 보강판재의 형상 및 위치 결정

Fig.11은 Flattening analysis를 사용하여 보강판재의 예측한 초기 위치로 성형해석 후 설계 상 보강판재의 외곽 라인과 비교한 모습이다. 보강 판재의 위치가 대략 비슷하게 위치한 것을 알 수 있으나 보강판재의 수정이 필요한 것을 확인할 수 있다. Fig.11의 결과를 바탕으로 Fig.12와 같이 보강

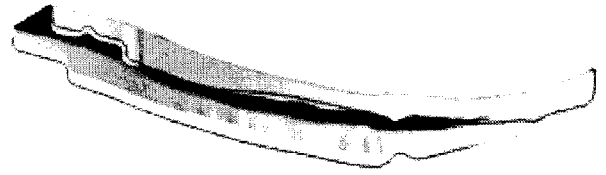


Fig. 11 Comparison of reinforcement outline between product and analysis result

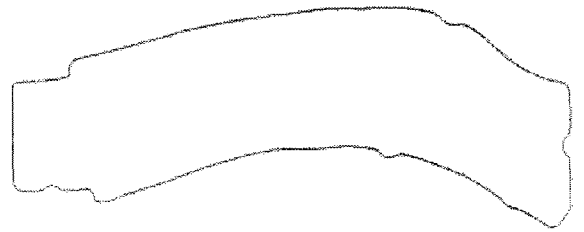


Fig. 12 Modified position of reinforcement blank



Fig. 13 Comparison of reinforcement outline between product and analysis result

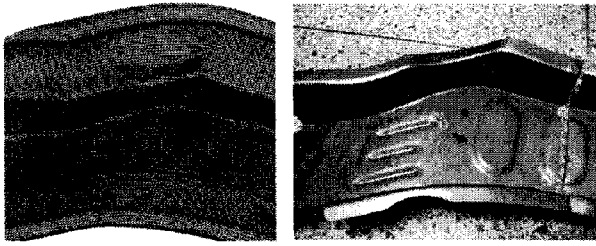
판재의 형상과 크기를 결정하였다.

3.5 수정된 보강판재의 성형 해석

Fig.13은 Fig.12의 수정된 보강판재의 형상으로 성형해석 한 후 설계 상 보강판재와 외곽 라인을 비교한 모습이다. 보강판재의 위치가 거의 동일하게 위치한 것을 확인할 수 있다.

4. 성형 해석과 트라이 아웃의 비교 분석

Fig.14는 프론트 사이드 멤버의 실제 트라이 아웃(try out) 제품과 시뮬레이션과 결과를 비교한 것이다. 성형해석 결과와 실제 트라이 아웃 제품의 모서리 높이가 마찬가지로 균일한 모서리 높이를 가짐을 확인하였으며 성형해석결과와 최대 2.18mm의 오차가 보임을 확인하였다. 다음의 오차는 실제 트라이 아웃 시 보강판재의 위치의 미세한 오차와 실제 마찰력에 대한 차이로 인하여 발생한 것으로 예상된다.



(a) Analysis result

(b) Try out

Fig. 14 Comparison of corner height between try out and analysis result

5. 결론

본 연구에서는 프론트 사이드 멤버에 일체복합 성형시 외판재 내의 보강판재의 초기 위치를 결정하기 위하여 기존 외판재의 성형 형상에 PAM-STAMP의 Flattening Analysis를 사용하여 초기 보강판재의 위치 및 형상을 예측하였으며, 초기에 예측된 판재로 성형 해석 후 보강판재의 최종 위치 및 형상을 결정하였다.

(1) 자동차 프론트 사이드 멤버의 일체복합 성형시 외판재 내의 보강판재의 초기 위치를 결정하기 위하여 기존 외판재의 성형 형상에 PAM-STAMP의 Flattening Analysis를 사용하여 초기 보강판재의 위치 및 형상을 예측하였으며, 초기에 예측된 판재로 성형 해석 후 보강판재의 최종 위치 및 형상을 결정하였다.

(2) 외판재와 내판재의 유동을 제어하기 위하여 파이롯트 핀을 사용하여 두 판재의 유동을 제어 하였다.

(3) 성형해석으로 결정한 보강판재의 위치 및 형상

을 시제품의 제작을 통하여 유사함을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 권승렬, 이종길, 2005, 유한요소해석을 이용한 일체복합성형성에 대한 연구, 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 171~175.
- [2] 김현영, 오인석, 임희택, 고정민, 신명호, 송중호, 2006, 자동차용 서브프레임의 일체복합성형 해석 및 재료 유동제어, 한국소성가공학회 추계학술대회 논문집, pp. 276~279.
- [3] 김현영, 황상희, 김관희, 윤재정, 송중호, 2007, 자동차용 사이드 멤버 일체복합성형시 보강판재의 형상 및 위치 결정, 한국소성가공학회 추계학술대회 논문집, pp. 223~227.
- [4] M. Kawaka and A. Makinoouchi, 1993, Shell element formulation of sheet stamping, Proc. NUMISHEET'93, pp. 91~107.
- [5] J. L. Duncan, R. Sowerby & E. Chu, 1985, The development of sheet metal modeling, in "Computer Modelling of sheet Metal Forming Process", edited by N. M. Wang & S. C. Tang, pp.1~11.
- [6] PAM STAMP 2G Professional 2007 manual.