

핫스탬핑 공정을 위한 루프레일의 성형해석에 관한 연구 A Study on Process Analysis of Roof Rail by Using Hot Stamping

*문정환¹, 김지태², 서판기³, #강충길⁴

*J.H.Moon¹, J.T.Kim², P.K.Seo³, #C.G.Kang⁴(cgkang@pusan.ac.kr)

¹ 부산대학교 기계공학부 일반대학원, ² 현대하이스코 기술연구소 경량화연구팀

³ (주) 신영 기술연구소 금형기술부, ⁴ 부산대학교 정밀정형 및 금형가공연구소(ERC/NSDM)

Key words : Hot stamping process, Roof rail, Bron steel

1. 서론

최근 한정적인 화석연료와 환경오염의 문제가 대두되면서 자동차 산업에서는 에너지 절감의 필요성과 세계적으로 강화되고 있는 배기가스 규제 등에 대응하기 위한 기술개발이 요구되고 있다. 또한 승객의 안전을 위한 자동차의 충돌성능향상도 요구되고 있으므로 자동차 제조사들은 차체의 경량화를 통하여 연비를 개선함과 동시에 고강도화를 통한 안정성도 함께 확보할 수 있는 기술개발에 관심이 집중되고 있다.

고강도 경량화 루프레일을 제작하기 위해서 시뮬레이션을 통하여 루프레일의 HPF공정을 설계하고자 한다. 시뮬레이션은 유한요소 해석프로그램을 통한 성형성을 우선적으로 고려한 성형해석을 수행하고자 한다. 사용 유한요소해석 프로그램은 LS-DYNA (version 9.71)을 사용하였으며, J-stamp를 prepost로 사용하여 key-file을 작성하였다. HPF공정을 시뮬레이션 하기 위해서는 여러 경계조건 중 공정중의 열전달, 사용재료의 물성, 그리고 금형과 소재의 마찰계수와 같은 세 가지의 경계조건을 먼저 정의하여야 한다.

HPF 성형해석에서 주로 고려한 열전달은 가열 이후의 이송과 금형의 접촉 시 발생하는 열전달만을 주로 고려하여 성형해석을 하였다. 보론강의 오스테나이트온도 영역은 900℃로 평균이송시간을 6.8초로 가정하였을 때 이송직후의 블랭크온도는 810℃로 가정하였다. 또한 이송중의 열손실을 고려하기 위해서 대류와 복사를 고려한다. 성형해석 시 보론강의 소재물성을 정의하기 위해서 MAT-106 Elastic visco-plastic material model with thermal을 사용하였다. 성형해석에 적용하기 위해서 블랭크홀딩압력과 온도영역에 따른 마찰력을 고려하여 마찰력 상수를 0.43으로 적용하였다.

2. 프론트필러 공정조건 및 성형해석

공정조건은 Pad Load (10 kN), Velocity (125mm/s), Clearance (105%), Distance block (0.4mm)를 바탕으로 HPF시뮬레이션 공정에 적용하여 성형성을 분석하여 아래 공정조건의 적용하여 적합성 유무를 판단하였다. 또한, 주름과 같은 성형결함은 금형에 비드를 적용하여 주름을 제어하였다. Fig 1에 나타난 폼 타입 금형의 패드형상은 루프레일의 형상이 U형상에 가까워 성형단계 중 패드가 내려오는 단계에서 제품의 전체적인 윤곽을 잡고, 상형금형과 하형금형이 접촉하였을 때 플랜지부에서 발생하는 주름을 제어하도록 설계하였다.

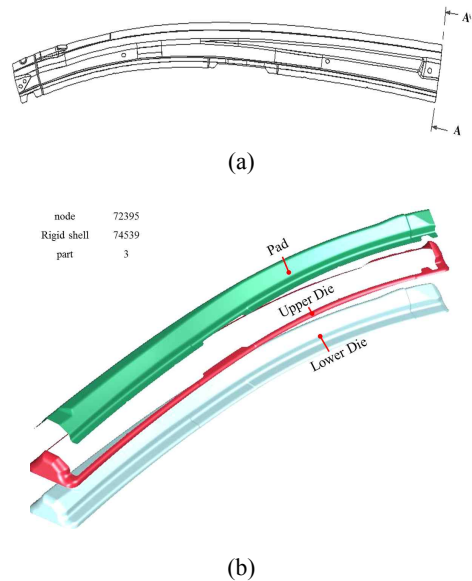


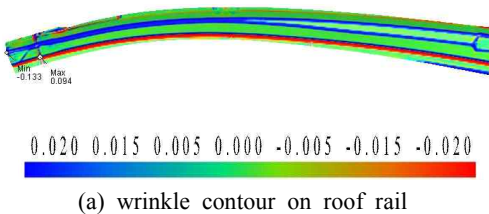
Fig. 1 (a) Shape and (b)FE-Model form type die for roof rail



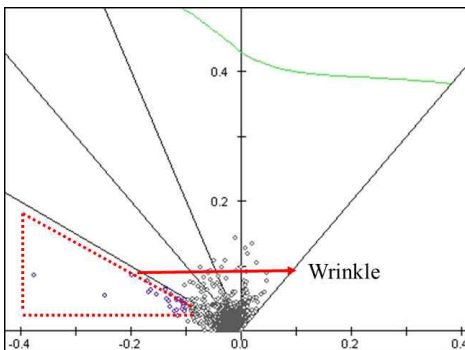
Fig. 2 Modified blank line and meshed blank shape

Fig. 2는 앞서 발생한 플랜지부의 주름을 제어하기 위해서 주름발생부의 오프셋량만을 30mm에서 10mm로 수정하여 설계한 블랭크 형상이다. 오프셋량을 줄임으로써 장력부족으로 발생하는 주름에 의한 좌굴을 억제하기 위해서 오프셋량을 줄였다. Mesh 크기는 기존의 3mm를 적용하여 Fig. 6-11(b)를 블랭크의 메쉬를 구성하였다. 또한 초기 블랭크에서 30mm 오프셋한 블랭크와의 차이점은 곡률면을 제거하여 실제 제품과 일치하게 수정하였다.

Fig. 3(a) 주름영역을 변형방향과 양으로 나타낸 주름분포도이다. 전체적으로 큰 주름은 발생하지 않았으며, 초기 형상에 30mm 오프셋한 블랭크를 적용한 성형해석에서 나타난 좌굴과 과도한 주름은 발생하지 않았다. 또한, Fig. 3(b)에 나타난 성형한계도에서도 약간의 주름 이외에 좌굴을 넘어서는 주름은 발생하지 않았다.



(a) wrinkle contour on roof rail



(b) forming limit diagram

Fig. 3 Wrinkle contour and forming limit diagram when applying modified blank

4. 결론

루프레이일의 HPF공정을 시뮬레이션을 통하여 설계하였다. 성형해석 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 얻었다. 센터필러와 프론트필러와 달리 루프레이일은 형상의 단순함과 좌우 대칭형인 U자형 모양으로 금형형상이 단순하여, 성형성이 우수하였다.

프로트필러의 성형해석 결과를 바탕으로 설정한 공정조건을 적용한 성형해석결과에서 17%이상의 두께감소율과 과도한 주름은 발생하지 않았다. 이는 프론트필러와 루프레이일의 형상의 크기가 비슷하며, 앞서 설명한 금형형상의 단순하여 성형성이 증가하였다고 판단된다. 초기 블랭크에서 플랜지부의 오프셋량만 변화 시킨 블랭크형상에서 두께감소율이 감소하였고, 초기에 적용한 블랭크형상에서 발생한 좌굴과 과도한 주름이 발생하지 않았다. 이는 앞서 설명한 형상의 단순함과 좌굴이 발생한 플랜지부를 줄임으로써 역방향의 변형을 제거하여 감소하였다.

후기

본 과제(연구)는 지식경제부와 한국산업진흥원의 전략기술인력양성사업의 지원과 지식경제부의 동남광역경제권 선도사업 육성사업(기술개발)으로 수행된 연구 결과입니다.

참고문헌

1. A. Turetta, S. Bruschi, A. Ghiotti, Investigation of 22MnB5 formability in hot stamping operations, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 177, Issues 1-3, pp. 396-400, 3 July, 2006
2. M. Geiger, M. Merklein, J. Lechler, Determination of tribological conditions within hot stamping, *Production Engineering*, Vol.2, pp.269-276, 3 Number, 2008
3. M. Merklein, L. Lechler, M. Geiger, 2006. Characterization of the Flow Properties of the Quenchable Ultra High Strength Steel 22MnB5, *Annals of the CIRP*, Vol. 55.229~233.2008