

박판성형해석을 통한 고강도강 소재의 차량 도어 임팩트빔 성형성 평가

Formability Evaluation for Automobile Door Impact Beam Using Sheet Metal Forming Analysis

*# 소범식¹, 김계현¹, 정희진¹, 김종업¹, 김선용²

*# B. S. So(so@ghi.re.kr)¹, J. H. Kim¹, H. J. Jeong¹, J. W. Kim¹, S.U.Kim²
¹(재)경북하이브리드부품연구원, ²(주)엠에스오토텍 기술연구소

Key words : Formability, Sheet Metal Forming, Ultra High Strength Steel, Door Impact Beam

1. 서론

차량의 도어 임팩트빔은 측면 충돌사고 시 도어가 차량 내부로 밀려 들어오는 충돌에너지를 최대한 흡수하여 탑승자를 보호하는 장치로서 도어 내부에 길이 방향으로 수평하게 또는 경사지게 장착되어 있다. 일반적으로 도어 임팩트빔은 Fig.1의 (a)와 같이 두께가 두꺼운 파이프 타입이 사용된다. 파이프 타입 임팩트빔은 곡면 형상의 도어에 배치 할 수 있는 자유도가 낮으며 차량의 외관강성을 위해 추가적으로 멤버를 적용해야하고 임팩트빔 장착을 위해 반드시 브라켓을 용접해야 하므로 디자인, 차량 경량화 등 여러 가지 측면에서 불리한 요소가 많다. BMW, Ford 등 유럽이나 북미의 차량에는 Fig. 1의 (b)와 같이 고장력 강관을 이용한 판넬타입 도어 임팩트빔을 개발하여 다수의 차량에 적용하고 있으나 국내에서는 아직까지 파이프 타입의 도어 임팩트빔을 적용하고 있으며 최근에 들어 이에 대한 개발이 진행되고 있다. 윤중현[1] 등은 차량의 경량화 및 측면 충돌성능 향상을 위해 시도 되고 있는 고강도 강관 적용의 효율성을 전산해석을 통해 확인하였다. 또한 염영진[2] 등은 도어 임팩트빔을 Hot-stamping 공법으로 제조하기 위해 전산해석을 통해 임팩트빔 형상을 최적화 하였다. 초고강도강(Ultra High Strength Steel)은 높은 오스테나이트 온도 범위에서 급랭하여 마르텐사이트 조직을 생성한 강재로서 소재의 강도, 비용, 품질 등이 우수하여 자동차 부품의 경량화에 적합한 소재로 알려져 있다. 그러나 보통의 경우처럼 인장강도가 높은 반면 성형성이 낮아 형상 굴곡이 큰 판넬타입 임팩트빔 성형을 위해서는 성형조건, 단면형상 등 다양한 요소들이 고려되어야 한다.

본 연구에서는 판넬타입 임팩트빔의 냉간성형에 대한 전산모사를 통해 서로 다른 소재와 단면형상에 대한 성형성을 평가하고 이를 높이기 위한 조건을 검토하였다.

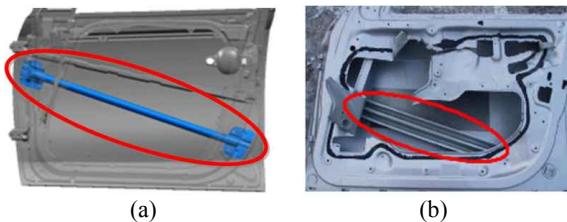


Fig. 1 The various type of door impact beam

2. 물성치 측정 및 해석 방법

Fig.2의 두 단면 형상은 기존의 파이프타입 임팩트빔 원형 단면에 비해 단면적 대비 단면계수가 높아 임팩트빔의 경량화를 높일 수 있는 형상이다. 또한 물성치 측정 대상인 세 종류의 소재는 모두 1,200Mpa이상의 인장강도를 갖는 것으로 알려진 초고강도강 소재이다.

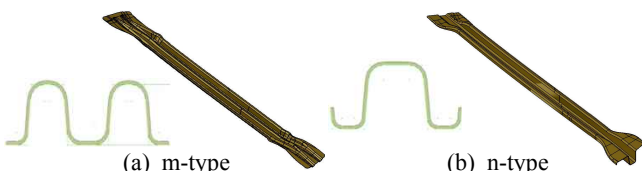
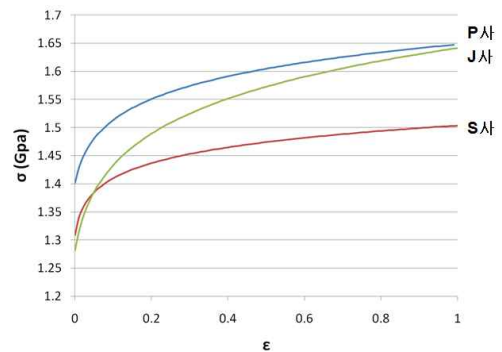


Fig. 2 Comparison of impact beam 3D model

Table 1 The result of tensile test for the each specimen

| | P사 | S사 | J사 |
|------|-----------|-----------|-----------|
| 연신율 | 12.7% | 8.0% | 8.7% |
| 인장강도 | 1,409 Mpa | 1,365 Mpa | 1,457 Mpa |
| 항복강도 | 1,281 Mpa | 1,307 Mpa | 1,350 Mpa |



세 종류의 소재에 대한 물성치를 측정하기 위해 각 소재의 판재로부터 각각 0°, 45°, 90°방향으로 시편을 추출하고 인장시험을 통해 Table 1과 같이 응력-변형률 선도 및 물성치를 구하였다.

Fig. 3은 m-type 및 n-type에 적용된 전체 3D 모델을 나타내었다. 임팩트빔에 대한 두 3D 모델의 상부 및 하부면으로부터 클리어런스 0%에서 Die와 Punch를 모델링하였으며, Blank형상을 고려하여 Holder 및 Die 모델을 완성하였다.

임팩트빔의 성형은 클리어런스 0%, BHF 100kN, 마찰계수 0.12, 펀치속도 20mm/sec조건에서 냉간성형으로 Fig. 3과 같이 스탬핑과 스프링백 순서로 시뮬레이션 하였다. n-type 임팩트빔의 경우 Holder가 없으므로 BHF 조건을 고려하지 않았으며, 스탬핑 후 제품 영역이 아닌 부분은 트리밍을 통해 제거하여 제품 영역 내에서 발생하는 주름만 나타내었다. 스프링백은 최대 변형량과 변형이 발생하는 위치로서 평가하였으며, 스프링백으로 인한 변형량이 높은 부위에 대해 변형전후를 비교할 수 있도록 2D 단면으로 변형 프로파일을 계산하였다.

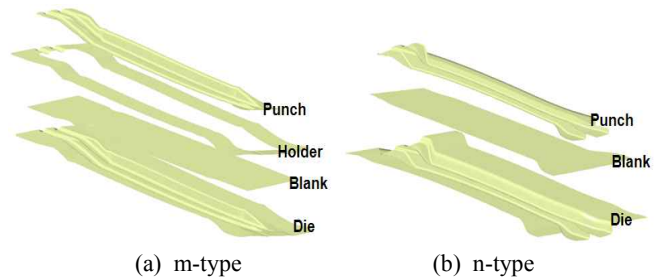


Fig. 3 3D Modeling for simulation

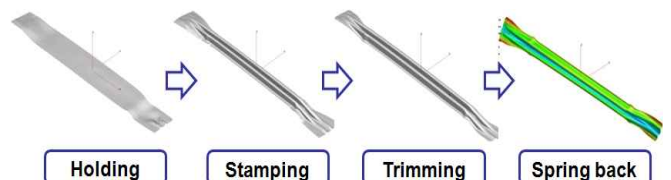


Fig. 4 The procedure of forming simulation

3. 소재 및 성형조건에 따른 성형성 평가

Table 2는 J사 소재에 대한 성형해석 결과를 보여주고 있다. m-type의 경우 가장 깊은 골에서 크랙이 발생되었으며, 이는 다른 소재의 경우에서도 동일하다. 또한 빔 끝단에서 스프링백에 의한 최대 변형이 발생하였으며, 주름은 골이 깊어지는 부위에 집중적으로 발생하였다. n-type은 m-type보다는 크랙, 스프링백 등이 상대적으로 낮으나 성형에 문제가 있는 것으로 판단된다. 전체적으로 Table 3과 같이 세 가지 소재에 대해 모두 성형이 불가할 정도의 성형두께 변화율이 관찰되었으며, 크랙, 주름, 스프링백도 세 경우 모두 동일한 위치에서 발생되었다.

Table 2 Visualization of defective position for J steel

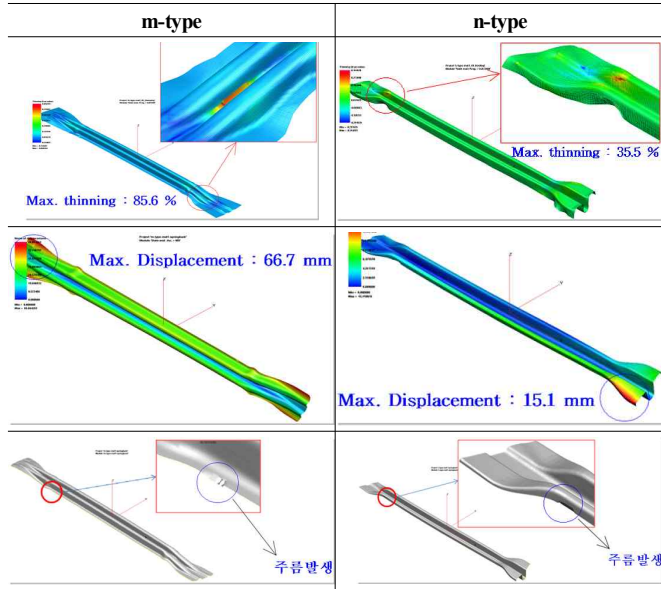


Table 3 The result of the thinning and spring back simulation

| Type | Maker | Stamping Thinning(%) | Spring back Displacement(mm) |
|--------|-------|----------------------|------------------------------|
| m-type | J사 | 85.6 | 66.7 |
| | S사 | 84.5 | 54.5 |
| | P사 | 79.3 | 38.3 |
| n-type | J사 | 35.5 | 15.1 |
| | S사 | 42.2 | 7.51 |
| | P사 | 134.4 | 22.1 |

성형성을 높일 수 있는 성형조건을 찾기 위해 S사 초고강도 강관소재에 대해 클리어런스, 블랭크 홀더력 등을 변화시켜가며 성형해석을 수행하였으며, 그 결과 Table 4와 같이 n-type 임팩트 빔은 클리어런스 변화를 통해 어느 정도 성형성을 확보할 수 있음을 확인하였다. 즉, n-type 임팩트빔은 10%의 금형 클리어런스를 주는 경우 크랙이 발생하지 않으며, 최대 스프링백도 8mm 이하로 계산되었다.

m-type은 깊은 골 형상 때문에 클리어런스나 블랭크 홀더력의 변경을 통해서도 m-type 임팩트빔에서 발생하는 크랙은 해결할 수 없다. 따라서 이에 대해서는 골 형상의 급격한 곡면형상을 완만하게 하고 골 단차를 줄이는 등 근본적인 설계 변경이 필요할 것으로 판단된다.

Table 4 The result of forming for the various clearance

| Clearance(%) | Stamping Thinning(%) | Spring back Displacement(mm) |
|--------------|----------------------|------------------------------|
| 0 | 42.2 | 7.51 |
| 5 | 25.5 | 8.79 |
| 10 | 25.0 | 7.63 |
| 15 | 25.5 | 9.46 |
| 20 | 25.6 | 11.65 |

또한 m-type에서 성형이 가능한 소재를 찾기 위해 Table 5와 같이 인장강도가 낮은 다양한 고강도 소재에 대해 성형을 시도하였으며, DP600 고강도강 소재인 경우 원활한 성형이 가능한 것으로 계산되었다.

Table 5 The result of the thinning for the various materials

| 소재 | Thinning(%) |
|--------|-------------|
| S사 | 84.5 |
| DP1000 | 63.6 |
| DP800 | 52.8 |
| DP600 | 17.7 |

4. 결론

본 연구는 1차적으로 제시된 두 종류의 판넬타입 도어 임팩트빔에 대해 박판성형 전산해석을 이용하여 각각의 성형성과 성형조건에 대해 검토하였으며, 성형이 가능한 m-type 및 n-type의 소재와 조건을 제시하였다. 본 연구에서는 실제 성형 실험보다는 주어진 모델링 데이터와 소재의 물성치 측정으로부터 전산해석을 통한 시뮬레이션으로만 진행된 아쉬움은 있으나 결과에 대한 전체적인 경향은 충분히 참고할만한 것으로 판단되며, 다음과 같이 의미 있는 구체적인 몇 가지 결론을 얻었다.

(1) 기본적으로 설계된 임팩트빔은 세 종류의 재료 모두 거의 동일한 위치에서 크랙, 주름 및 스프링백이 발생하였다.

(2) n-type 임팩트빔은 성형두께 변화율과 스프링백을 감안할 때 클리어런스는 제품의 센터면에서 양방향으로 두께의 5%씩 전체 10%정도에서 가정 적합하며, 이 경우 냉간 성형이 어느 정도 가능할 것으로 판단된다.

(3) 골이 좁고 깊은 m-type 임팩트빔은 핫스탬핑과 같은 진보된 성형방법이 아닌 일반 성형방법으로는 성형이 어려우며, 근본적으로는 임팩트빔 곡면형상의 골의 깊이를 낮추고 곡률을 완만하게 하는 등의 추가적인 설계 변경이 필요하다. 또한 항복강도가 600 Mpa 이하인 소재로는 성형이 가능한 것으로 판단된다.

(4) 소재의 성형성을 해석결과로 평가했을 때, 성형두께 변화율 측면에서 J사의 소재가 가장 유리하다.

후기

본 연구는 지역연계기술개발사업(과제번호 70004188) 연구지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 엄영진, 김종국, 이현우, 황정복, 김선용, 김원혁, 유승조, "핫스탬핑에 의한 자동차 도어 임팩트빔의 개발," 대한기계학회 2008년도 추계학술대회 논문집, 7-12, 2008.
2. 윤종현, 허훈, 김세호, 김홍기, 박성호, "고강도 강관 ULSAB-AVC 모델과 일반강관 모델의 충돌성능 비교 평가," 한국자동차공학회논문집 1.14(3), 22-27, 2006.
3. Pam-Stamp 2G User's Manual, 2008.