

핫스탬핑 공법을 이용한 Front Bumper Beam 최적화

김동학 · 김광순¹ · 나성준² · 엄인섭[#]

The optimization of front bumper beam using Hot stamping Technology

D. H. Kim, K. S. Kim¹, S. J. Na², I. S. Um[#]

Abstract

Automotive companies have conducted a study for light weigh body and crash safety. But It is difficult to adapt a mass production because of formability with high strength steel in the conventional stamping process. Recently, Automotive maker in the Europe, USA, Japan has applied a hot stamping with boron steel in the body structure. Hot stamping technology spread fast in various body parts of automobile. Bumper beam has been applied in the foreign automotive company so much nowadays. In this study, We will optimize crash performance of bumper beam using hot stamping through comparison with conventional bumper beam.

Key Words : Hot Stamping (열간 스탬핑), Front Bumper Beam(앞쪽 범퍼빔), Optimization (최적화)

1. 서론

해외 선진 자동차 메이커에서 차량 경량화를 통한 연비 향상과 외부 충돌에 보다 안전한 차체 고강도화를 위해 예전부터 지속적인 연구 활동이 이루어졌고 이를 달성하고자 총력을 다해 다양한 연구를 진행해 왔었다. 그 중에 경량화 소재를 이용한 연구와 그에 알맞은 공법 개발이 병행 되어 개발되어 왔다. 그러나 그 결과물들은 연구 활동 성과에 비교에 실제 자동차에 적용하기에는 성능은 탁월할 수 있으나 소재 수급, 양산화 장비 개발, 가격 경쟁력등에 밀려 실제 양산 적용 측면에서는 외면 당하고 연구에만 그치는 활동들이 많았다. 특히, 철을 소재로 프레스를 이용한 국내의 가공 연구 분야에서는 획기적 기술 진보는 없었다. 여기에 최근 해외 선진 자동차를 주축으로 기존의 냉간 소성 가공 분야의 한계를 극복한 열간

소성 가공 분야로의 개발 및 양산화 연구가 이어지고 있다. 기존의 냉간 스탬핑 방식에서는 성형이 불가능한 고강도 박판 소재를 프레스 장치와 금형에 냉각 장치를 이용한 설비 개발과 고온 상태에서 산화스케일이 없는 소재 개발로 열간 스탬핑이 가능해져 고객이 요구하는고강도 난성형품을 제작하는 길이 열렸다. 이러한 기술이 바로 핫스탬핑이고, 기존의 냉간 성형방식에서보다 진보된 기술이라 평가 되어지고 있다. 그리하여 유럽, 미국, 일본의 자동차 메이커들이 앞다투어 이 기술을 채택하여 차량 충돌 특성이 요구되는 부품에 적용을 위한 연구 활동이 활발하고 최근 개발 차량에 실제로 적용되어 양산화 전개중이다. 본 연구는 다수의 해외 적용 사례를 바탕으로 차량 충돌 특성이 요구되는 승용차 프론트 범퍼빔을 대상으로 핫스탬핑 공법을 적용해 기존의 롤포밍 방식의 범퍼빔과의 경량화, 저속충돌성능을

1. 현대하이스코 기술연구소 연구개발팀(울산)

2. 현대모비스 기술연구소

교신저자: 현대하이스코 기술연구소 연구개발팀(울산),

E-mail: isum@hysco.com

해석과 실제 시험을 통해 비교 평가해 핫스텝핑 공법에 맞는 최적화된 프러트 범퍼 빔 구조와 실제 적용시의 효과 검증이 주된 연구 목적이다.

2. 본 론

2.1 연구목표

범퍼 빔 충돌 범규에서는 CMVSS 215(캐나다 범퍼 범규)와 IIHS(Insurance Institute for Highway Safty) Low-speed crash test 가 있다. 그리고 IIHS 는 2006 년 6 월에 규정이 새롭게 개정되었다. 주요 내용을 살펴 보면 기존의 경우는 Flat 한 Barrier 에 8km/h 속도로 충돌하지만 이후 차 대 차로 충돌하는 범퍼 형상의 Barrier 로 형상이 변경되고 속도도 10km/h 로 증가되어 다소 현실적 이고 가혹한 시험 조건으로 변경되었다. 특히, Barrier 형상 변경으로 높이 단차로 인해 under riding 이 발생해 승용차의 경우는 보다 가혹한 조건이라 여겨진다. 이러한 실정을 감안하여 연구 대상을 양산 승용 차종으로 선정하였다. 다음은 본 부품에 연구 목표를 설정하기 위해 기존 방식의 범퍼 빔의 충돌 성능과 전체 중량을 감안하고 저속 충돌 거동을 고려해 핫스텝핑 범퍼 빔을 최적화해 경량화 달성률을 가정하였다.

Fig.1은 연구 목표를 나타낸 표이다.


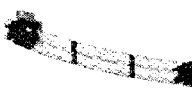
		원래 방식 범퍼빔	핫스텝핑 범퍼빔
제품 형상			
충 돌	5MPH	Spec 만족	Spec 만족
	신IIHS	Spec 만족	Spec 만족
중량		100%	75% 수준

Fig. 1 롤포밍 vs 핫스텝핑 범퍼빔 연구 목표

다음 이러한 사항들을 고려하여 핫스텝핑 범퍼 빔 단면을 현재의 차량 Layout을 최대한 유지하는 조건으로 부품을 구상하였고, 목표로 선정된 경량화 효과 25%수준도 실현할 수 있도록 폐단면 구조의 롤포밍 범퍼 빔에서 중량 절감을 위해 계단면 구조로 충돌 거동을 고려해 주요 단면을 설정하였다. 이런 개념을 바탕으로 다음과 같은 이론식을 근거로 기존의 범퍼 빔 중량

을 입력하고 여기에 경량화 비율을 계산하여 앞서 설정한 연구 목표에 맞는 기본 단면을 확정하였고 여기에 5MPH와 신IIHS 충돌 성능을 고려해 Case별로 단면을 목표에 맞게 충돌 성능에 적합한 구조로 설계하였다. 그리고 주변 부품을 고려해 전체 빔 길이는 기존과 동일한 길이로 전체 형상을 결정하였다.

$$V = A \cdot l = \frac{m}{\rho}$$

$$A = \frac{m}{\rho \cdot l} = \frac{5.514}{7.8 \times 1.2056} = 5.864 \times 10^{-4}$$

$$\cong 4.4 \times 10^{-4} m^2 [25\% \downarrow]$$

$A = \text{Area}, l = \text{length}, m = \text{mass}, \rho = \text{density}$

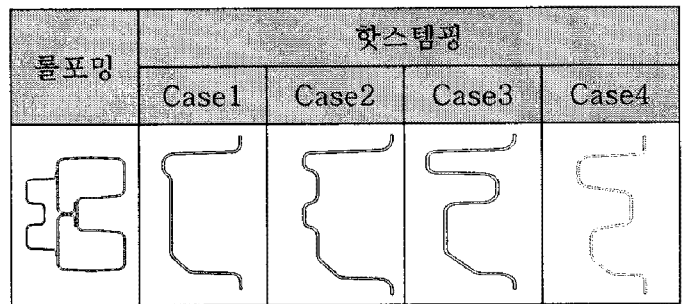


Fig. 2 단면적 이론식 및 각 Case별 빔 단면

주요 특징으로는 범퍼 빔 단차를 고려해 Flat 한 단면보다는 충돌에너지를 흡수할 수 있도록 접촉부에 형상을 추가한 것이 주요한 특징이다.

2.2 충돌 성능 평가

충돌 특성을 고려해 선정된 단면을 토대로 충돌 해석을 LS-DYNA 프로그램을 이용해 실시하였고, 5MPH와 신IIHS 저속 충돌 규정에 의거해 선정된 각 Case별로 충돌 평가를 실시하였다. Fig.3는 5MPH와 신IIHS의 충돌 거동을 나타낸 것이다.

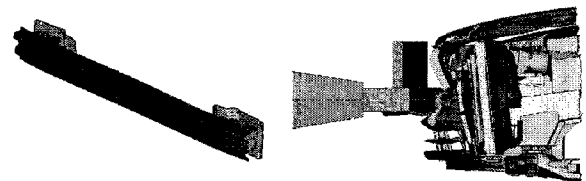


Fig.3 5MPH & 신 IIHS 저속 충돌

다음은 차량 Layout에 근거한 SPEC을 기준으로 충돌후 범퍼빔 차량 외부의 밀림량 (Intrusion)과 내부의 변형량(deflection)을 가지고 충돌 성능을 평가하였다.

Table.1은 충돌 후 변형된 결과치를 5MPH와 신IIHS로 나누어 나타낸 것이다.

(단위: mm)

항목	SP EC	폭 포밍	핫스탬핑				
			Case1	Case2	Case3	Case4	
5 M P H	INT	89	73	87	84	78	83
	DE F	91	61	85	75	69	61
	내 부 접 촉	-	없음	←	←	←	←
I I H S	INT	89	74	87	83	73	79
	내 부 접 촉	-	없음	접촉	접촉	없음	없음

Table. 1 5MPH & 신IIHS 저속 충돌 결과

소재 물성은 롤포밍은 냉연 소재인 인장강도 100 kgf/mm² 소재를 사용하였고, 핫스탬핑은 Boron 첨가강 steel 소재를 사용하였고, 인장강도는 150 kgf/mm² 소재이다. 표에서 보는 바와 같이 Case3, Case4 단면은 5MPH 과 신 IIHS 범규 사항의 충돌 성능이 spec 대비해 밀림량이 작은 것으로 나타나 만족하다는 결과를 얻을 수 있었다. 이는 단면이 Flat 한 형상보다는 포밍 형상이 폭이 좁고 깊은 단면이 충돌 에너지를 보다 더 잘 흡수하여 충돌에 적합한 구조라고 해석을 통해 알 수 있었다.

2.3 성형성 평가

충돌 평가에서 선정된 단면이 실제로 부품이 제작한지에 대한 성형가능성을 확인하였다. 사용한 프로그램은 Pam-Stamp 을 사용하여 성형성을 확인해 보았다. 그렇지만 열간 성형 해석의 경우 열처리 이후의 금형 내에서의 시간에 따른 온도 변화와 소재 물성 변화를 해석상 적용하는 것이 아직 국내외적으로 공식적인 정립이 되어 있지 않아 그와 유사한 소재를 적용 검토하였다.

핫스탬핑 소재 물성은 시험을 통해 평가해 본 사항으로 통상 950 ~ 800℃ 경우에 연신율이 약 40-50%수준으로 이와 가장 유사한 deep drawing 자동차용 외판재 물성을 사용해 소재 물성치를 입력하였다. 선정된 Case3 와 Case4 모델을 성형성 평가하였다. 우선 Case3 의 경우

는 상단부 포밍 폭이 10mm, 높이가 50mm 로 작고 협소하여 금형 내구성 및 소재 소입성에 문제가 있어 정상적인 성형은 불가할 것으로 판단되어 Case4 만 가지고 성형 해석을 실시하였다.

Fig.4 은 성형 해석을 수행한 결과를 나타낸 것이다.

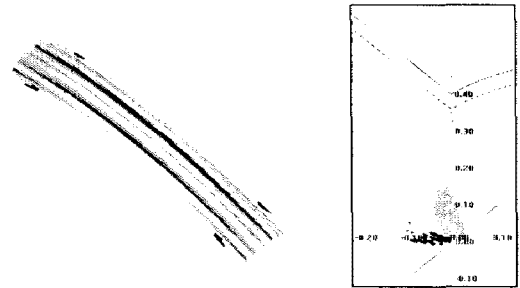


Fig. 4 성형 해석 결과

우측 그래프에서 나타난 결과를 보면 알 수 있듯이 FLD(Formability Limited Diagram) Curve 상에서 성형 한계 이내에 결과가 분포되는 안정적인 결과를 얻었다.

이에 Case4 단면 구조는 충분히 성형이 가능함을 해석을 통해 확인하였다.

2.4 시험 평가

해석을 통해 성형성과 충돌 성능을 평가해 보았고 이를 토대로 Case4 모델을 제작하여 실제로 5MPH 의 Pendulum, Barrier 테스트와 신 IIHS 저속 충돌 시험을 실시해 보았다.

Fig.5 는 저속 충돌시험 평가한 그림을 나타낸 것이다.



Fig. 5 저속 충돌 테스트 사진

5MPH 과 신 IIHS 범규를 준수하여 테스트를 실시해보았고 사전에 충돌 해석을 통해 검증한 바대로 Intrusion 과 Deflection 량을 확인해 보았을 때 해석 결과와 거의 유사한 수치를 얻어 결과적으로 핫스탬핑 공법이 적용된 범퍼는 CMVSS

215 와 신 IIHS 저속 충돌 법규를 만족함을 시험을 통해 확인 할 수 있었다.

3. 결 론

핫스탬핑 공법을 이용해 승용차의 프론트 범퍼 빔에 요구되는 법규 사항인 저속 충돌 특성을 해석과 실제 시험을 통해 기존의 롤포밍 공법의 범퍼 빔과의 성능을 비교를 하였고 이를 통해 핫스탬핑 공법에 적합한 범퍼 빔을 개발할 수 있었다. 이러한 연구 활동을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 핫스탬핑 범퍼 빔의 각 Case 별 충돌 해석을 통해 확인해 본 바로 Case3, Case4 가 저속 충돌성능을 만족하였고 폐단면인 경우에 포밍 깊이가 좁고 깊을수록충돌 특성에 좋은 결과를 확인할 수 있었다. 그렇지만 성형성을 고려한다면 Case4 가 핫스탬핑 공법에 적합한 범퍼 빔 구조이다.

(2) 기존 롤포밍 범퍼 빔과 핫스탬핑 범퍼 빔의 충돌 결과를 비교해 봤을 때 본 부품에 요구되는 CMVSS 215 법규 사항은 두가지 사양 모두 SPEC 을 만족하였고, 차 대 차 형태의 충돌 규정이 변경된 신 IIHS 저속 충돌평가에 있어서도 모두 규정에 만족한 결과를 확인 할 수 있었다.

(3) 결론적으로 저속 충돌 성능과 경량화 두가지 측면을 동시에 비교한다면 기존 대비해 핫스탬핑 범퍼 빔 모델이 초고강도 소재를 적용함으로써 인해 부품수를 10 Parts 를 줄이고 이를 통해 경량화률을 25%를 달성할 수 있어 롤포밍 범퍼 빔 대비해서 핫스탬핑 공법이 적용된 범퍼 빔이 보다 경쟁력 있는 기술이라 여겨진다.

후 기

본 제품의 경우, 실제 자동차에 적용 중인 양산 사양을 핫스탬핑 기술을 이용해 선행 연구를 한 것으로 기존 차량 주변부 레이아웃을 충분히 반영해 설계하였고 실제로 시제품을 장착해 시험 평가한 것이다. 향후에는 핫스탬핑 공법이 적용된 범퍼 빔을 고속 충돌 평가를 실시해 그 충돌 특성 및 거동을 평가해 할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1]Insurance Institute For Highway Safety, www.iihs.org/ratings/protocols/pdf/test_protocol_low.pdf.
- [2]Canada Motor Vehicle Safety Standards, www.tc.gc.ca/acts_regulations/GENERAL/m/mvsa/regulations/mvsrg/210/mvsr215