

# 레이저 용접 튜브로 일체화 성형된 자동차 범퍼빔 개발

## One Body Formed Bumper Beam by using Laser Welded Tube

(주)성우하이텍      기술연구소      이문용, 정병훈, 이상제  
한국기계연구원 레이저응용시스템그룹      서 정, 이제훈, 김정오

### I. 서 론

오늘날 자동차업계의 핵심 기술개발은 환경친화성 문제와 차량 충돌 안전측면의 확보 등 크게 두가지 분야로 대표된다. 이를 위한 대체 재질의 개발과 새로운 차체 제작기술 및 조립기술 등은 이미 선진 자동차업체를 중심으로 활발히 진행되고 있으며, 국내에서도 차세대 자동차를 겨냥한 기술개발이 꾸준히 이뤄지고 있는 실정이다.

여러 가지 핵심기술 중 공통적으로 요구되는 사항은 차량의 재료개발과 경량화 기술이며 이는 고장력강을 적용함으로써 강성을 증대시키고 동시에 두께감소에 경량화를 이루고자 추진되고 있다. 또한 일체화성형기술은 복잡한 형상의 부품제작을 1회의 가공에 의해 최종형상으로 생산할 수 있는 기술로서 현재 자동차용 부품에 일부 적용이 되고 있으며, 앞으로 그 적용범위가 크게 확대될 전망이다. 이에 따라 일체화성형기술에 의한 부품제조에 관하여 많은 기술개발에 이루어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 상용화 냉간 고장력강판을 이용하여 튜브성형 및 레이저용접법을 통하여 튜브제조기술개발과 고장력강판의 일체화성형 기술개발을 하고자 하였다.

### II. 일체화성형 범퍼빔 최적화 설계

자동차의 연비를 절감하고 성능을 향상시키기 위해서는 근본적으로 차량구조의 경량화가 필요하다. 이미 선진 자동차 업계에서는 경량화를 위한 차체개발에 많은 노력을 기울여 왔으며, 이와 관련된 기술개발도 함께 진행되어 왔다. 일체화성형 기술은 기존의 PRESS공법으로 만들어진 부분품을 용접으로 접합하여 제품으로 조립하는 공정에서 1회공정으로 부품을 성형함으로써 경량화 및 부품수 감소가 가능하며, 소요 제작비를 동시에 줄일 수 있는 장점이 있다.

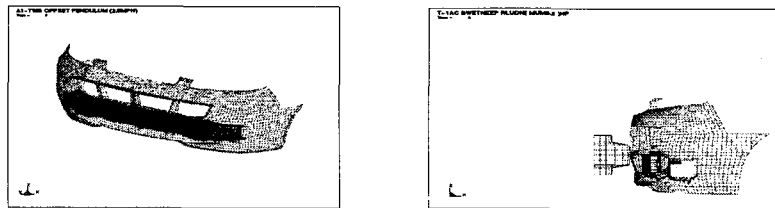


Fig. 1 FEM 구성 모델

본 연구에서는 기존 양산중인 범퍼빔을 기본 모델로 하여 이와 비교해 보았을 때, 구조성능이 동등이상이고 경량화된 범퍼빔을 개발하고자 일체화성형기술을 적용하였다. 기존의 빔 형상과 비교해 보았을 때, 개발된 일체화성형 빔은 내부 보강부품을 줄여 부품수가 5개에서 1개로 감소했으며, 전체 빔 중량 또한 기존 제품보다 13% 정도 감량되는 효과와 원가적인 측면에 있어서도 약 6%의 절감효과를 볼 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 외형적 요소뿐만 아니라 조립품질 향상 및 생산성 측면에서도 상당한 시너지 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

### III. 충돌해석에 의한 성능평가

기본설계를 바탕으로 충돌해석을 통하여 최적의 단면형상을 찾아내고 성능만족 여부를 평가하였다. 또한 냉간 고장력강판의 기본물성자료를 이용하여 최적의 일체화성형 튜브의 최적 조건을 유한요소 모델링된 각 단품의 형상과 충돌해석 결과로 나타내었다. 5.2km/h의 차량속도로 고정벽에 부딪히는 고정벽 시험을 수행한 결과, 범퍼빔 중심부에서 V자형의 홈과 함께 범이 함몰되는 현상을 보였다.

Table 1 60kgf급의 소재특성

specimen		YS	TS	EI	r15%	n10-20%
sheet Dir		(kgf/mm <sup>2</sup> )	(kgf/mm <sup>2</sup> )	(%)		
60kgf 급소재	RD	46.3	62.8	23.1	0.65	0.168
	45°	44.8	60.5	25.7	1.13	0.168
	90°	46.8	63.2	21.1	0.95	0.163
	mean	45.7	62.1	23.9	0.97	0.167

일체화성형 범퍼빔의 최적의 소재선택을 위하여 소재특성과 두께를 감안하였다. 또한 최적의 소재를 채택하기 위하여 진자와 범퍼시스템 중심이 닿는 Center Pendulum 충돌해석을 통하여 각각의 조건을 변화시켜 아래와 같은 data를 얻었다. 충격시 진자에 의한 직접마찰 또는 구성부품들 간의 상호영향을 고려하기 위해서는 내부적으로 여러 가지 경계 및 접촉조건이 필요하다. 예를들어 진자와 범퍼커버와의 표면마찰, 충격흡수재(E/ABS)와 범퍼빔, 그리고 차체와 연결되는 부위의 접촉현상을 감안해 경계조건을 설정하였다. 본 해석은 전체 시스템의 1/2 형상만이 적용되었으므로 중심선에는 y축 방향으로의 이동과 x축, z축을 중심으로한 회전을 모두 구속시켰다(x축은 전장방향(T), y축은 전폭(L), z축은 전고방향(H)을 의미한다). 차량중량 1,350kg을 범퍼시스템 및 진자에 부여하고, 실제 시험속도보다 약간 높은 5.2km/h의 초기속도를 충격 진자의 모든 절점에 적용시켰다.

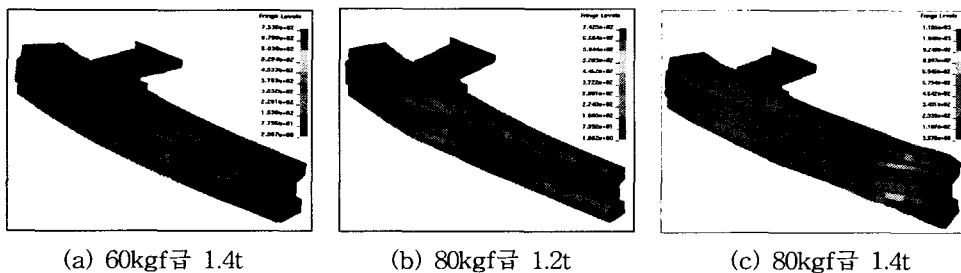


Fig. 2 충돌해석에 의한 일체성형용 범퍼빔 결과

해석결과 상기 범퍼빔 형상에서 60kgf급 소재가 80kgf급 소재의 연신율 부족으로 충돌해석 결과가 양호하게 나타났고 현재 개발한 TRIP강이 연신율이 높은 관계로 성형 및 충돌해석 결과가 더욱 양호하게 나타났다.

### IV. 냉간고장력 레이저용접튜브

상기data를 기초로 냉간고장력 레이저용접 튜브 제작을 위하여 롤 포밍 장치를 사용하였다. 롤 포밍된 튜브는 용접지그를 사용하여 레이저 용접 조판하였다. 레이저 용접에 사용된 CO<sub>2</sub>

레이저 발진기는 연속 출력파이며, 정격출력 4kW의 횡여기방식(transverse flow type)으로서 빔모드는 multi-mode이다. 용접실험에서 레이저 출력은 2.6kW, 초점 위치는 강판 표면, 빔 조사 속도는 2.5m/min, 보호가스는 Ar를 사용하였으며 보호가스의 유량은 40 l/min으로 하였다. 레이저 용접 튜브는 하이드로 포밍장치에서 성형을 하였으며, 범퍼 제작용 금형을 사용하여 일체화 성형 범퍼를 제작하였다.

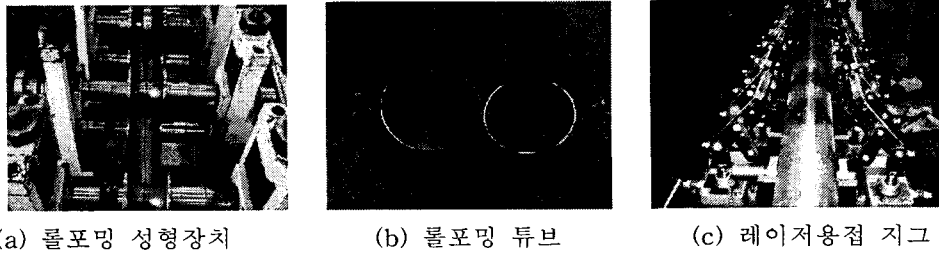


Fig. 3 성형롤 장치 및 레이저용접 지그

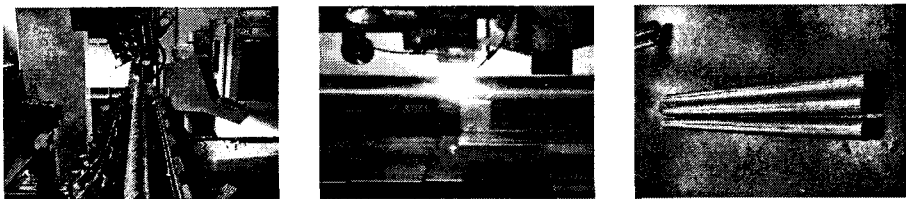


Fig. 4 튜브 레이저용접 장면

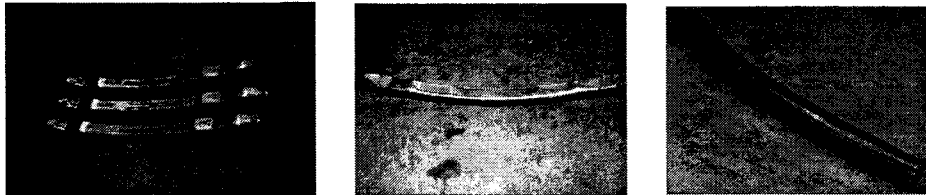


Fig. 5 일체화성형 시험 결과 및 일체화성형 범퍼범퍼부품

## V. 결론 및 향후과제

본 연구개발에서는 차세대 자동차를 겨냥한 핵심기술인 차량의 재료개발과 경량화 기술에 대해서 살펴보았다. 선행 기술을 이용하여 자동차 범퍼빔에 적용시켜 보았고, 충돌해석을 통한 사전검토 및 실제 일체화성형 튜브개발 및 일체화성형 부품개발을 통하여 그 적용 가능성을 검증해 보았다. 국내기술로 일체화성형용 레이저용접 튜브 및 일체화성형기술을 이용하여 차량용 범퍼빔을 구성하였다. 자동차 범퍼빔에 적용한 결과, 기존 일체형 빔에 비해서 부품수 및 중량은 감소되었지만 성능면에서는 거의 동등한 수준의 결과를 얻을 수 있었다. 차체강도 향상과 중량감소에 의한 연비저감을 목적으로 고장력강판에 대한 개발 및 적용이 확대되고 있다. 본 연구에서는 인장강도 60kgf /mm<sup>2</sup>급 고장력강판을 이용하여 범퍼빔 구성에 적용시켜 보았다. 그 결과, 충돌성능 향상 및 두께감소에 의한 경량화 약 13%의 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 특히 냉간 고장력 TRIP강의 일체화성형 특성효과가 뛰어났다.

## VI. 참고문헌

- 1) 박관흠, 조홍수, “Hydroforming Intensive 고안전 초경량 철강차체”, 제9회 G7 차세대자동차기술논문집, pp.233-241, 2000.
- 2) 허승진, 정영섭, “초경량 철강차체의 전후방 충돌에너지 흡수부재 최적화 설계 제7회 G7 차세대자동차기술논문집, pp.361- 366, 2000.
- 3) 김영석외 3, “관재 액압 성형성 평가기술개발 II”, 제9회 G7 차세대자동차기술논문집, pp.242-257, 2000.
- 4) 강혁, 김준수, “Aluminum Space Frame 적용 초경량 차체 개발”, 제7회 G7 차세대자동차기술논문집, pp.367-373, 2000.
- 5) Brad Kinsey, Zhihong Liu, and Jian Cao, “New Apparatus and Method for Forming Tailor Welded Blanks”, SAE, 1999.
- 6) Brad Kinsey, Nan Song, and Jian Cao, “Analysis of Clamping Mechanism for Tailor Welded Blank Forming”, SAE, 1999.
- 7) 허승진외 3인, “알루미늄 초경량차체의 충격에너지 흡수부재 설계 및 해석(II) 제8회 G7 차세대자동차기술논문집, pp.295- 302, 2001.
- 8) LSTC, LS-DYNA Keyword User’s Manual, 1999.