

## 경량 알루미늄 소재 적용 Front End Carrier 개발

이우식<sup>1</sup> · 강동포<sup>1</sup> · 이병필<sup>1</sup> · 노승강<sup>3</sup> · 김대업<sup>1</sup>

### Development of Lightweight Front End Carrier of Aluminum Sheet

W.S.Lee<sup>1</sup> · D.P.Kang<sup>1</sup> · B.P.Lee<sup>1</sup> · S.K.Roh<sup>2</sup> · D.U.Kim<sup>1</sup>

#### Abstract

While all-aluminum front end carriers have been frequently used by major foreign auto-makers, the carriers domestically produced are typically hybrid types. It is understood that higher fuel efficiency due to weight reduction can be achieved by using aluminum carriers because of aluminum's light weight. Moreover, aluminum is expected to possess high corrosion resistance and recycling rate. As a first step to enhance feasibility of domestic production of all-aluminum carriers, several carriers made by advanced auto makers are examined and compared. Besides basic characteristics such as appearance and weight, physical properties including composition, strength and elongation are carefully analyzed to obtain critical design and process factors.

Key Words : Front End Carrier, Hybrid Carrier,

#### 1. 서 론

프론트 엔드 캐리어(Front End Carrier)는 차체에 바로 결합되는 Body In White(BIW) 형태의 라디에이터 서포터(Radiator Support)로부터 부품 모듈화 경향에 따라 프론트 엔드 모듈을 통합하는 캐리어 형태로 발전되어 왔다. 현재 국내 프론트 엔드 캐리어는 용융아연도금강판(SGARC)에 나일론(PA6)을 사출시켜 만든 하이브리드(Hybrid) 캐리어가 대부분을 차지하고 있다.

비록 하이브리드 캐리어가 중량 및 단가 측면에서 우수한 공법이긴 하지만 해외 선진사의 분석 사례에서 볼 수 있듯이 각 차종의 등급 및 개발 목적에 따라 소재 및 공법이 다양화 될 필요가 있다. 이미 북미나 유럽, 일본 등 해외 차종의 캐리어는 하이브리드는 물론 알루미늄이나 마그네슘과 같은 경금속 소재 또는 Long-glass

Fiber Thermo-plastics(LFT), Glass Mat Thermo plastics(GMT)등과 같은 다양한 소재와 공법을 적용하고 있다. 더욱이 대형차에는 표 2 와 같이 알루미늄이나 마그네슘과 같은 경량금속을 이용하는 경향이 두드러진다. 이러한 경향은 LFT나 하이브리드가 대형차에 적용하기에는 다소 강성 측면에서 부족하기 때문이라 여겨진다. 그러나 아쉽게도 마그네슘 소재는 주로 다이캐스팅 공법을 이용하기 때문에 부품 박육화의 한계 및 국내 기반설비 및 기술력 부족으로 적용이 쉽지 않은 실정이다. 반면 알루미늄의 경우는 국내 소재 수급도 용이하며 제조공법도 다양하여 개발에 큰 문제점이 없어 보인다. 이러한 여러가지 관점에서 볼 때 현재 중대형의 고급차용 캐리어를 개발하기 위해서는 알루미늄 합금을 이용하는 것이 가장 유리할 것으로 판단된다.

알루미늄 캐리어의 대표적 양산사례로 BENZ

1. 현대모비스㈜ 기술연구소

2. 서진산업㈜ 기술연구소

# 교신전자 E-mail : woosiki@mobis.co.kr

E320, Jaguar X350 등을 들 수가 있으며, 알루미늄 합금의 적용으로 인해 고강도 및 경량화를 실현하였으며, 부가적으로 부품의 내식성 및 재활용성을 증대시켰다. 그러나 이러한 경량금속의 적용은 높은 소재단가로 인한 제품가격 상승, 설계자유도 저하등의 한계를 안고 있다.

## 2. 본 론

### 2.1 Front End Carrier 해외개발동향

프론트 엔드 캐리어의 해외 개발동향을 네가지 관점에서 살펴보았다. 우선 해외 양산 캐리어를 소재별로 비교 하였다. 현재 해외 선진사에서 양산되는 캐리어의 적용소재를 표 1에 요약하였다. 표 1과 같이 국내 현황과는 대조적으로 알루미늄 소재가 24 %로 가장 많은 비중을 차지하며, LFT와 하이브리드, GMT 캐리어가 각각 22 %, 21 %, 20 % 정도로 비슷한 적용 비율을 보이고 있다.

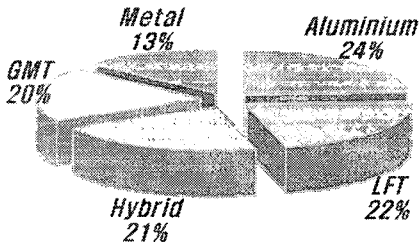


Table 1. World trend of front end carrier

두번째로 각 완성차별 선호 재질을 비교해 보면 북미의 GM사는 Sierra, Avalanche, Escalader 등과 같이 알루미늄 캐리어를 적용한 비율이 높으며 유럽의 Volks Wagen사나 Volvo사등은 LFT 캐리어를 적용한 사례가 많다.

세번째로 표 2와 같이 각 차종 등급별 동향을 분석해 보면 소형차는(Entry Sedan) LFT를, 중형차(Midsize Sedan)는 하이브리드를, 고급차(Luxury Sedan)나 RV(Recreation Vehicle)는 알루미늄 캐리어를 적용한 사례가 많은 것을 볼 수 있다. 좀 더 자세히 완성차 가격 대비 중량별로 적용동향을 살펴보면 LFT가 VW Beetle, Volvo S70등과 같은 중량 1,500 kg, 가격 \$ 17,000 수준의 중저가의 준소형 차량에 주로 적용되었으며, 이와는 대조적으로 알루미늄 캐리어는 BENZ E320, Jaguar X350등과 같이 중량 2,300 kg, 가격 \$ 35,000 수준의 중대형 차량에 주로 적용된 것을

알 수 있다.

이처럼 해외 양산 사례를 살펴볼 때 하이브리드 캐리어만을 적용하고 있는 국내 현실을 비추어 볼 때 시사하는 바가 크다. 향후 국내의 프론트 엔드 캐리어 부품 개발시 차종의 등급 및 목적에 부합하는 소재 및 공법의 다양화가 꼭 필요할 것으로 생각된다.

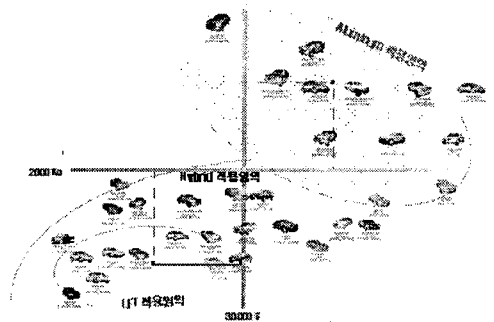


Table 2. Price-weight diagram of carrier

### 2.2 해외 양산 Carrier 소재 및 공법분석

알루미늄 프론트 엔드 캐리어 개발을 위해 유럽의 BENZ E320, Jaguar X350, 북미의 GM Sierra, 일본의 Honda Insight 4차종을 벤치마킹 하였다. 분석시 각 사별 캐리어 소재 및 형상, 각 부재간 접합법등을 중점적으로 검토하였다.

#### 2.2.1 구조 및 형상비교

BENZ사의 E320 차종은 3200 CC의 중대형 세단으로 30 여개의 많은 부품으로 이루어져 있으며, 알루미늄 압출을 이용한 범퍼 백빔 및 크래쉬 박스를 제외하고는 모두 알루미늄 판재를 스탬핑하여 제작되었다. 각 부위를 볼트와 너트의 기계적 방식으로 결합하여 설계 자유도가 아주 뛰어난 반면, 총 중량 12.1 kg으로 부품수가 너무 많아 중량절감에 불리하고 조립공정수가 많아지는 단점을 가지고 있었다.



Photo 1. BENZ E320 & Jaguar X350 Carrier

특히 E320의 특징은 타 차종과는 달리 로어 멤버(Lower Member)를 생략하여 범퍼 백빔으로 로어 멤버부의 강성을 확보하고 있는 것이 특징이다. 또한 캐리어와 범퍼 백빔 사이에는 사각의 알루미늄 크래쉬 박스 구조를 적용하여 저속 충돌시의 수리비 저감 및 차체에 미치는 충격의 최소화를 기하였다. 또한 충돌시 크래쉬 박스의 접힘을 용이하게 하기 위해 사각의 면에 비드를 추가하였다.

이와 대조적으로 Jaguar사의 X350 차종은 불과 6개의 적은 수의 부품으로 이루어져 있다. 알루미늄 하이드로 포밍을 적용한 어퍼 멤버를 제외하고는 모두 알루미늄 판재 스탬핑을 이용하여 제작되었다.

이 차종에 적용된 부품은 캐리어 라기보다는 차체와 바로 조립되는 BIW(Body In White)의 일종으로 라지에이터 서포터(Radiator Support)의 역할만을 할 뿐이다.

GM사에서 양산중인 트럭의 일종인 Sierra 차종은 총 14개의 부품으로 이루어져 있으며, 일부 브라켓류를 제외하고는 모두 알루미늄 합금을 압출 후 벤딩하여 제작하였다. 이 차종은 배기량 4300 CC의 스포츠 유틸리티 트럭(SUT)으로 설계적으로 매우 단순한 형상을 가지고 있으며, 또한 사각 파이프를 압출 후 용접하여 매우 튼튼한 구조를 가지고 있다.

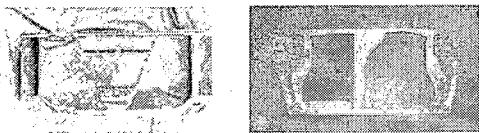


Photo 2. GM Sierra & Honda Insight Carrier

일본 Honda사에서 양산중인 Insight 차종의 경우 알루미늄 캐리어의 구조 및 형상이 국내의 양산 하이브리드 캐리어와 가장 유사하며, 부품 중량 또한 2.65 kg으로 매우 경량화되어 소재 및 설계적으로 가장 우수한 검토대상이었다. 전체 부품수는 25 개로 다소 많으며, 어퍼 멤버의 경우 성형성이 곤란하여 3 개의 부위로 성형 후 조립하여 제작하였다. 어퍼 멤버, 사이드 멤버, 센터 멤버, 로어 멤버간은 이중의 소재를 적용하여 각 부위별 필요한 강성을 얻고 있다.

### 2.2.2 소재 및 기계적 물성 비교

E320의 범퍼 백빔과 크래쉬 박스를 제외한 나머지 스탬핑 부위는 소재두께 1.7 ~ 3.0 mm의 알루미늄 판재로 A 6181 상당의 조성을 가지고 있다. 스탬핑부의 인장강도는 265 MPa로 4차종 중 상위 수준을 보인다. 연신율의 평균값은 16 % 수준으로 중간 수준을 보인다.

로어 멤버 역할을 하는 범퍼 백빔은 인장강도 288 MPa, 항복강도 243 MPa, 연신율 13 %급의 A 7003 알루미늄 합금을 이용하여 압출하였다. 크래쉬 박스는 인장강도 235 MPa, 항복강도 206 MPa, 연신율 11 %로 범퍼 백빔보다는 다소 낮은 강도를 가지나 압출성이 우수한 A 6063 알루미늄 합금을 이용하여 제작되었다.

X350 차종의 6개의 멤버, 판넬 및 브라켓은 Mg 이 2.5 wt%, Si 0.15 wt% 정도 함유된 EN 5454 알루미늄 합금을 적용하였으며, 5000계 알루미늄 판재 대비 비교적 적은 양의 마그네슘 함량으로 인장강도 250 ~ 270 MPa급의 높은 강도를 얻고 있다. 어퍼 멤버는 조관된 알루미늄 튜브(Tube)를 이용하여 하이드로 포밍(Hydroforming) 공법을 적용하였으며, 나머지 부위는 프레스 스탬핑으로 제조하였다.

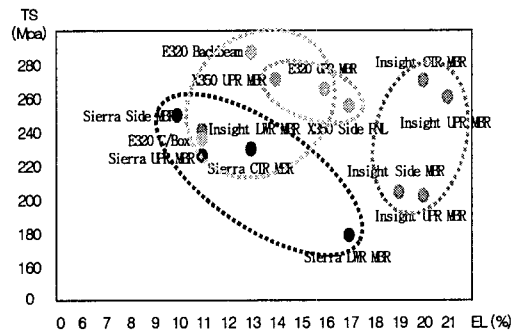


Table 3. TS-EL diagram of carriers

Sierra 차종은 특이하게 모든 멤버류가 압출을 이용하여 제작되었다. 어퍼 멤버는 마그네슘 2.2 wt% 정도의 A5454 합금을, 로어 멤버는 마그네슘 2.4 wt% 정도의 A5052 합금을 사용하였으며, 나머지 멤버는 A6061, A6063 상당의 알루미늄 합금을 적용하였다. 특히 로어 멤버는 평균 인장강도 178 MPa로 가장 낮은 값을 보이고 있다.

Insight 차종은 6000계로 압출한 로어 멤버를 제외하고는 모두 5000계 합금을 스탬핑하여 제작되었다. 강성이 요구되는 일부 어퍼 멤버와 센터

멤버에는 4.3 ~ 4.5 wt%의 고함량의 마그네슘 합금인 A 5182 합금을 적용하여 260 ~ 270 MPa급의 인장강도를 얻고 있으며, 상대적으로 강성이 덜 요구되는 사이드 멤버 및 일부 어퍼 멤버에는 2.4 ~ 2.5 wt%의 저함량의 마그네슘이 첨가된 A 5052 합금을 적용하여 200 MPa급 수준 인장강도를 얻고 있다. 로어 멤버는 인장강도 240 MPa급의 압출성이 우수한 A6063 합금을 압출하였다.

즉, 표 3에서 Jaguar X350, BENZ E320이 가장 높은 인장강도를 가지고 있다. Honda Insight의 인장강도는 중간수준이며 연신율은 가장 높은 수준을 보인다. GM Sierra의 경우 인장강도 및 연신율 모두 상대적으로 낮은 수준이며, 이러한 단점을 각 멤버의 두께 보강으로 극복하고 있다.

### 2.2.3 접합 방안 비교

E320의 경우 30여개의 많은 판재들로 이루어져 있음에도 불구하고 알루미늄 용접은 전혀 사용되지 않았으며, 각 판재들은 웰드 너트(Weld Nut)와 볼트를 이용한 기계적 접합만을 사용하였다. 이처럼 각 알루미늄 부위간의 접합에 용접이 사용되지 않은 이유는 6000계 열처리형 알루미늄 합금의 용접시 발생할 수 있는 모재와 용접부간의 특성 차이를 고려한 것으로 보인다.

X350의 각 부위간 접합은 알루미늄 MIG 용접을 실시하였다. 라지에이터 서포터와 타 부품간의 결합은 너트sert(Nutsert)의 일종인 팝너트(Pop Nut)를 사용하였다. 특히 하이드로포밍된 튜브에는 벤딩시 발생할 수 있는 스프링 백(Spring back)을 방지하기 위해 성형부에 부가적으로 용접을 실시하였다.

Sierra 및 Insight 차종 역시 각 부위간 접합은 알루미늄 용접을 실시하였다. 용접의 종류가 MIG 용접인지 TIG 용접인지는 불명확하나 비열처리형 합금인 5000계와 열처리형 합금인 6000계 알루미늄 합금간, 또는 5000계 합금간도 용접을 이용하여 접합하였다.

이상과 같이 캐리어와 타 부품간의 결합방법은 대상차종 모두 공통적으로 너트sert를 사용하였으며, 캐리어 각 부위간 접합은 알루미늄 용접을 적용한 것이 대부분이다. 이는 알루미늄 용접이 캐리어의 구조적 접합강도를 얻는데 무리가 없음을 보여주는 것이며 향후 국내에서도 알루미늄 부품의 제작시 용접이 매우 광범위하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 2.3 경량 알루미늄 Carrier 개발

알루미늄 5000계 판재와 셀프피어싱, 팝너트 등의 기계적 접합법을 적용하여 알루미늄 Carrier 시제품을 제작하였다. 소재의 물성을 고려하여 다양한 해석을 실시하였으며, 그 결과 플라스틱과 스틸이 하이브리드로 결합되어 있는 기존 양산 부품 대비 약 23%의 경량화 효과를 얻을 수 있는 부품을 설계 제작하였다. 제작된 부품은 아래와 같다. 알루미늄 재질로 제작되었으나, 캐리어 부품의 특성상 후드 개폐시의 미관 개선 등의 감성품질이 중요한 관계로 인해, 알루미늄 부품에 전착도장을 실시하였다.

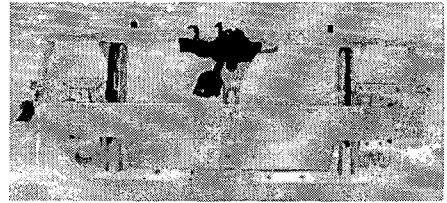


Photo 2. Developed Lightweight Al Carrier

제작된 제품은 양산 적용성 검토를 위해 동강성 및 충격시험이 수행되었으며, 그 결과 양산 차종 대비 오히려 우수한 특성을 갖고 있음을 알 수 있었다.

## 3. 결 론

- 1) 해외의 경우 알루미늄, 하이브리드, LFT, GMT 등이 동등한 비율로 적용되어 있으며, 각 차종별 등급에 맞는 소재 및 공법이 적용되었다.
- 2) 알루미늄 캐리어는 주로 5000계 및 6000계 합금을 적용하였으며, 스탬핑 외 다양한 공법이 적용되었다. 또한 각 메이커별 구조 및 형상이 매우 상이하다.
- 3) Honda Insight와 같은 얇고 가벼운 부품의 경우 우수한 기계적 성질을 가진 소재를 적용하였으며, GM Sierra처럼 상대적으로 열등한 소재를 사용한 경우 멤버의 구조 및 두께 보강으로 이를 극복하고 있다.
- 4) 알루미늄 5000계 판재와 기계적 접합법을 적용하여 기존 대비 약 23% 경량화된 알루미늄 캐리어를 제작하였다. 각종 강성 및 충격시험을 수행한 결과, 전 항목에서 만족하였다.