

# 자동차 산업의 신소재기술

조 원 석

## Advanced Materials Technology in Auto Industries

Won-Suk Cho



- 조원석(기아자동차(주) 기술센터)
- 1953년생
- 티타늄 합금의 기계적 성질에 대해 전공하였으며, 자동차 관련소재 특히 경량소재에 관해 연구하고 있다.

### 1. 머리말

자동차는 극히 개인적인 내구 소비재일 뿐 아니라, 고도의 사회적인 존재이기도 하다. 따라서 이의 기술과제는 상품성, 성능, 가격의 저렴화 등 소비자의 요구뿐만 아니라, 공익을 위한 사회적 요구에도 부응해야 한다.

최근, 자동차에 대한 사회적 요구로서는, 기존의 안정성, 또는 노령 및 여성 운전자의 증가에 따른 운전의 용이성 확보 등과, 부가해서, 지구 환경문제 개선이라는 과제에 집중되고 있다.

지구 환경문제로서는, 여러가지를 열거할 수 있지만, 그 중에서 자동차와 직접 관련되는 것은 "지구의 온난화," "오존층의 파괴," "산성비," 또는 "자원의 재처리화" 등이라고 말할 수 있다. 이들의 해결을 위해서 업계는 대체 에너지 차량의 개발, 기존 차량의 연비 개선, 부품 및 차량의 리사이클링 기술개발 등에 총력 질주해야만 한다.

이들 과제의 많은 경우가 재료기술이 직접

관련되어 있으며, 어느 과제도 재료 문제와 연관되어 있지 않은 것은 없다. 이 글에서는 연비개선을 위한 경량화, 저공해 차량의 개발, 리사이클 기술 개발 등 총체적 환경 문제 대응을 위해서 재료기술이 어떠한 역할을 담당해야 하는지 살펴보기로 한다.

### 2. 경량화 기술과 부품경량화 동향

자동차의 중량과 연비와의 관계를 나타내 보면, 차량중량을 1% 경량화하면 연료소비는 거의 1% 향상된다는 것이 정설이다. 따라서, 1300 kg의 차량인 경우 단순히 13kg의 경량화로 1% 정도의 연비 향상이 달성된다고 생각할 수 있다. 그렇지만 차량 중량과 연비와의 관계는 차체의 크기, 장비, 성능이 동일한 것의 비교가 아니고, 일반적으로 경량 차량은 소형, 저성능의 대중차를 의미한다. 이 의미는, 소형 경량화로 저급화를 용인하지 않는한, 1% 경량화로 1%의 연비향상은 기대할 수 없다는 것을 말해주는 것이며 실제로는 거주공간, 성능, 승차감 등을 계속 유지하면서 경량화하는 경우 0.5~

0.8% 정도의 연비향상밖에 기대할 수 없는 셈이다. 하지만, 연비향상 목표의 약 1/2은 이러한 차체, 샤프트 및 부분(under chassis) 등의 경량화와 공기저항을 포함한 주행저항의 저감에 의해서 달성할 필요가 있다.<sup>(1)</sup>

한편, 엔진의 커넥팅로드나 밸브와 같이 왕복운동하는 부품은 단순 경량화보다 효과적이다. 예를 들면 알루미늄제 밸브리프터의 경우, 13g/개의 경량화로 거의 1%의 연비향상이 얻어지고 있다. 다만 이 수치는 부수효과(관련 밸브스프링 하중의 저감)를 삽입했고, 또 이 재료의 대체가 간단히 이루어지지 않는다는 실정을 고려해야 한다. 이들 엔진 왕복운동계 부품의 저마찰화 등에 의해 연비향상 목표의 나머지 반분이 달성될 수 있다는 것을 기억해야 한다.

경량화의 수단으로서는, 재료·생산기술의 변경과 설계·기획의 개선으로 대별된다. 재료의 변경은 철계재료에서 경합금으로의 대체와 철계재료 중에서 고강도화에 의한 박육단소화 그리고 설계, 생산기술의 변경에서는 부품의 박육화, 중공화, 일체화가 이것에 해당된다.

90년대의 자동차 경량화는 연비개선이라는 대명제하에 크게 추진되었지만, 그 중에서 경합금 재료의 사용이 가장 크게 신장되리라는 것은 의심의 여지가 없다 하겠다. 다만 이와 같이 환경변화가 급격한 시기에 경합금의 사용이 얼마만큼 진행되리라는 것을 예측하는 것은 참으로 어려운 일일 것이다.

구체적인 경량화의 진행방법으로서는, 먼저 현장재료에서의 철저한 소형화, 경량화가 검토된다. 사용자 부담을 가능한 한 적게 하기 위해서, 이용 설비도 현기술 범위내에서의 대책이 적극적으로 추진될 것이다. 재료적으로는, 바디 등에서의 철강 판재의 고장력화 또는 경합금의 고비강도화가 거론된다.

경량재료의 적용에 대해서는, 경합금재료의 존재도 피할 수 없는 사실이다. 특히 수지재료는 외관 적용검토도 활발하게 되고 있다.

그러나 재료 대체에 관해 잊어서는 안 될 요인으로 리사이클링의 문제가 있다. 유럽에서는 리사이클의 배려에서 재이용이 불가능한 수지 재료의 사용을 제한하는 움직임도 있으므로 경량화 수단으로서 수지화의 동향에 제동이 걸리는 상황도 예상된다. 알루미늄의 이용에 있어서는 리사이클이 유리한 점도 없지 않으나, 철과의 분리기술도 더욱 개선되어야 한다는 여지가 남아 있다는 것은 물론이고, 리사이클링을 고려한 알루미늄 적용을 생각해둘 필요가 있다.

## 2.1 재료특성과 경량화

경량효과를 최대한으로 발휘시키는 재료를 선택하는 하나의 기준은, 재료의 비강도(강도/밀도)를 비교하는 것이다. 단순한 인장강도만을 비교하면 티타늄(Ti) > 마그네슘(Mg) = 알루미늄(Al) > 철(Fe)의 순으로 부품을 가볍게 할 수 있다. 수지의 복합재료까지 고려하면 CFRP(carbon fiber reinforced plastic)는 극히 우수한 재료라고 말할 수 있다.

자동차 부품에 복합적 하중이 가해지는 경우는 강성을 고려해서 설계한다. 특히 최근에는, 진동과 차체의 강성 등이 문제시되는 것이 많아 강성 설계는 불가결하다. 비강성(탄성계수/밀도)으로 재료를 비교하면, Mg > Al > Ti > Fe의 순으로 된다.

## 2.2 엔진

엔진 전체의 경량화는 단일 부품으로서 가장 효과가 큰 블럭의 알루미늄(Al)화가 큰 줄기로 되어가고 있다고 판단되며, 금후 대배기량의 엔진에서부터 순차적으로 Al화가 진행될 전망이다. 현재 사용되고 있는 주철엔진을 알루미늄 합금으로 대체하는 1500 cc 엔진의 경우 약 35% 이상(10 kg)의 경량화 효과를 얻을 수 있다.

이와는 별도로, 연비향상의 방안에서, 효과가 큰 밸브 계통을 중심으로 한 운동 부품

에 경합금화(티타늄 합금, 알루미늄 합금, 알루미늄기지 복합재료 등) 및 강의 고강도화가 검토되고 있다.

또, 엔진 마운트 브라켓트를 콘형상의 AI 합금 주물체로 적용함으로써, 경량화와 진동·소음의 저감을 달성할 수 있다.

한편, 철계재료에 대해서도, 스테인리스제 배기 매니폴드의 사용과 무너트형 소결단조 커넥팅로드의 채용 등 각종 경량화 또한 도모되고 있다.

엔진에서는 마찰손실의 저감과 함께, 각종 제어를 부가한 연소개선 효과를 기대하기 위해, 연소온도의 상승에 대응할 수 있도록 재료내열성의 향상도 필요하다고 판단된다.

### 2.3 바디

바디(body)는 경합금의 효과적 적용과 철계재료의 합리화에 의해 경량화될 전망이다. '90년 9월, 혼다기연 공업은 “철저 경량화”라는 대명제하에 전체 바디가 알루미늄으로 이루어진 “NSX”를 발매하기 시작해서, 자동차 업계에 큰 충격을 주고 있다.<sup>(2)</sup> NSX를 냉연강관으로 제조하는 경우에 비해 차량중량은 약 200 kg 저감되고, 가속성능, 핸들링 응답성 등이 특히 개선된다고 보고하고 있다. 이런 정도면 일견 경량화는 간단하다는 인상을 받는다. 그러나 현실에는 기술적 과제가 산적되어 있다. 대표적 과제로는 용접성, 성형성, 표면처리성, 취급이 어려운 점(자성이 없는점) 등을 거론할 수 있으나, 역시 생산성의 가장 큰 과제로 지목되는 것은 용접 공정이다. 구체적 해결과제로는 아래의 세 가지 점으로 집약된다.

- AI합금은 열과 전기의 전도성이 우수하기 때문에 강판보다 2~3배 큰 전류가 필요하므로, 용접설비를 대형화해야 한다.
- 연속 점용접이 강판의 1/3밖에 되지 않는다.
- 이중금속, 즉 강판과 용접하면 전식이

일어난다.

이러한 알루미늄 차체의 난공점을 보완하기 위해 미국 최대의 알루미늄 메이커인 알코아(Alcoa)사 등에서는 알루미늄 스페이스 프레임 차체 개발을 적극 추진하고 있다. 양산을 위한 기술적 과제가 해결되면 가격 경쟁력도 타 재료 차체에 비해 뛰어나다고 보고되고 있다.

철계재료의 합리화, 예를 들면, 사이드 멤버 판넬에는 재질과 두께가 다른 판넬을 레이저용접으로 일체화해서 사용함으로써 사상(仕上)품질을 향상함과 더불어 경량화를 도모하고 있다. 또 도어 충격 빔은 종래 강판을 파형으로 성형해서 용접조립한 구조로부터 최근에는 80~150 kgf/mm<sup>2</sup>급의 고장력 강관의 이용이 증가하고 있는 실정이다. 전현가장치 멤버와 엔진 지지대는 강성이 높은 AI 철물로 하여, 경량화와 더불어 조향 안정성의 향상과 소음저감을 달성하고 있다.

종합적으로 판단하면, 향후 고급차나 스포츠카에는 후드, 트렁크리드 등을 중심으로 AI화가 진행될 전망이다. 하지만, 주요 구조물에 대해서는 최근의 충돌, 안전의 문제나 생산성 면에서 경합금화보다도 고장력강의 성능향상과 구조 설계의 개선에 의한 경량화가 주체로 될 것이다.

### 2.4 구동계

이 계통의 부품들은 주로 설계와 가공기술의 고도화에 의해 경량화가 추진되고 있다. 예를 들면, 추진축의 박육, 세경화, 기어류의 소형화의 방향 등을 열거할 수 있다. 한편, 케이스, 카버류에 대해서는 AI화의 초기 단계에서와 같이 Mg합금이 활발하게 검토될 것이다.

### 2.5 샤시, 제동계

샤시밀, 특히 스프링하 중량에 관여하는 부품의 경량화는, 단순히 차량중량의 저감에만 국한하지 않고, 승차감이나 조향 안정성

에도 기여하는 만큼 매우 중요하다. 이들 부품에 대해서는, 경합금화나, 강, 주철의 고강도화가 경량화의 중요한 수단이다. 또 강성이 중요한 만큼, 형상면에서의 배려도 필요하다라고 생각된다. 최근에는 요구특성의 고도화에 동반해서, 사시부품도 중요하게 인식되는 방향으로 가고 있고, 경량화 요구는 일층 증가하고 있다. 이 계통 부품의 알루미늄 적용에 대해서는, AI주물, 단조 등이 고려되지만, 강도, 신뢰성의 면에서 단조재가 우수한 것이 많아, 큰 기대를 걸고 있다. 그러나 원가의 부담이 큰 것이 중요한 점으로 지적되어, 향후, 소재의 저가화, 저가 단조기술의 확립이 급선무이다.

### 3. 저공해 자동차와 재료기술

전기, 메탄올, 천연가스 등의 대체 에너지를 동력원으로 한 자동차에 대한 일반의 관심이 집중되고 있다. 가솔린차와 경유를 연료로 하는 디젤차로부터 배출되는 질소 산화물(NO<sub>x</sub>)과 CO<sub>2</sub>가 도시환경, 지구환경을 파괴함에 따라 자동차에 대한 저공해화의 요구가 강하게 일어나고 있다. 회박연소나 신축매의 개발 등으로 점차 저공해화를 진전시키고 있는 종래의 자동차에 대해서, 대체 에너지차는 한 번에 배기가스를 상당량 저감할 수 있다는 큰 장점이 있다.

그러나 자동차의 에너지로서 100년이 넘는 긴 역사를 갖고 있는 가솔린과 경유에 비해서, 대체 에너지는 여러 결점을 안고 있다. 이것을 극복할 수 있는 열쇠를 갖고 있는 것이 재료기술이다. 저공해차의 주된 역할을 담당할 전기자동차, 비교적 실용화가 가까운 메탄올 자동차 및 천연가스 자동차의 실현을 위해서 재료기술이 어떠한 역할을 담당해야 하는지 각각에 대해서 살펴보기로 한다.

#### 3.1 전기 자동차

배기가스가 제로이고 궁극적으로 저공해차

로서 기대되는 전기자동차의 최대 과제는, 일충전 주행거리가 짧은 것이다. 시판차를 개조한 전기자동차의 주행거리는 연(鉛)축전지를 탑재할 경우 가솔린차에 비해 약 1/4 정도 짧기 때문에 현단계에서는 극히 한정된 범위내에서 사용할 수 밖에 없다. 그 주된 이유는, 무거운 전지를 대량으로 탑재해도 1회의 충전으로 비축되는 전력에너지가 적은 것에 기인한다.

주행거리를 식으로 나타낸 것이 식(1)로 각종의 효율과 탑재에너지가 클수록, 또 구름저항과 공기저항이 작을수록 주행거리는 길어진다.

$$\begin{aligned} \text{항속거리}^{(3)} &= \frac{\text{효율} \times \text{탑재에너지}}{\text{주행저항} \times 9.8} \\ &= \frac{(\eta_C \cdot \eta_M \cdot \eta_G) \times E}{(\mu \cdot W + 1/2 C_d \cdot A \cdot \rho \cdot V^2) \times 9.8} \quad (1) \end{aligned}$$

여기서,  $\eta_C$ 는 Controller 효율,  $\eta_M$ 는 Motor 효율,  $\eta_G$ 는 기어효율,  $E$ 는 탑재 에너지,  $\mu$ 는 타이어구름저항계수,  $W$ 는 차량 중량,  $C_d$ 는 공기저항계수,  $A$ 는 전면투영면적,  $A$ 는 전면투영면적,  $\rho$ 는 공기저항,  $V$ 는 주행속도를 나타낸다.

이 중에서 재료기술이 결정적으로 담당하는 것이 구름저항( $\mu \cdot W$ )과 탑재에너지이다. 차량재료를 변용해서 차량중량을 감소시키면 구름저항이 저감한다. 또 탑재에너지는 축전지의 고성능화에 의해 크게 개선되므로 전극 재료나 전극을 분리하는 분리막(separator) 재료의 개발이 중요하다. 본항에서는 주로 축전지 개발현황<sup>(3)</sup>을 소개하고자 한다.

축전지는 에너지밀도, 파워밀도, 사이클수명 등 세 가지가 중요한 특성이다. 전지 1kg당 에너지량을 나타내는 에너지밀도가 클수록 일충전 주행거리가 증가한다. 1kg당 전력을 나타내는 파워밀도가 클수록 가속 성능 등의 동력성능이 향상된다. 사이클 수명은 계속 반복해서 충전사용할 수 있는 횟수를 나타낸다.

### 3.1.1 신방식의 납전지

일반적인 자동차용 배터리로서 사용되는 납전지는, 개방형 납전지라고 불리워지는 형태로, 정기적으로 보수해서 일정량의 전해액을 유지할 필요가 있다. 종래의 전기자동차는 등전지를 10개에서 수십개를 직렬로 연결해서 동력원으로 하고 있었으므로, 전기자동차의 소비자에게 보수는 큰 일이 아닐 수 없다.

보수가 필요없이, 무정비화할 수 있는 잇점을 갖는 것이 밀폐형 납전지이다. 충전에 의해서 전극에서 발생하는 산소가스는 음극으로 이동시켜서 반응흡수시키고 실질적으로 전기분해에 의한 물의 감소를 방지하는 구조를 갖는다. 그러나 밀폐화로 전혀 보수할 수 없도록 되었기 때문에 계속 반복사용하면 전극의 활물질(납)을 충분히 이용할 수 없게 되기도 하고, 가스가 발생해서 성능이 저하되기도 하는 결점이 있다.

여기서 전극을 SiO<sub>2</sub> 기의 무기재료 분말로 충전하는 새로운 방식의 밀폐형 납전지가 개발되고 있다. 종래의 밀폐형 납전지는 리테이너식으로 불리우고, 직경 1m 이하의 가는 글라스섬유의 부직포를 극판 사이에 끼우고, 전해액을 스며들게 한 구조로 되어 있다.

이것에 대해 새로운 과립방식은 다공질의 SiO<sub>2</sub>계 분말을 용기에 고밀도로 충전시켜, 극판에 높은 압박력을 부여할 수 있다. 극판 표면이 조금 벗겨져도 전해액과 극판의 접촉면적을 넓게 유지하는 것이 가능케 되고, 성능열화가 방지되어, 전지수명이 길어진다.

동 전지의 에너지밀도는 현재 36 Wh/kg 정도이지만, 더욱 개량해서 40 Wh/kg 이상으로 개발될 전망이다. 파워밀도는 약 200 W/kg에 달하고 있다.

### 3.1.2 Ni계 전지와 NaS전지

전지메이커나 자동차메이커가 차세대의 전

기자동차용 전지로서 인정하는 Li 전지는 납전지의 4~5배의 에너지 밀도를 기대할 수 있다. 일본의 통산성, 자원에너지부가 진행하고 있는 “뉴 선샤인 계획”의 하나로 상정되어 있고, 전력저장용과 이동용의 두 가지로 개발이 진행 중이다. 문제는 Li계 전지가 실용화하기까지의 과도기를 연결해주는 전지 개발이다. 가장 유력한 Ni계 전지가 각각 문제점을 안고 있기 때문에 흥미한 상태로 되어 있다.

먼저 Ni-Zn 전지는 에너지 밀도가 높음에 매력적이 있지만, 음극의 Zn에서 성장하는 수지상의 덴드라이트 결정이 양극과 음극 사이의 분리막을 통과해서, 쇼트를 일으키는 문제의 근본적 해결책이 없어서, 사이클수명이 타축전지에 비해 대폭 단축된다는 단점이 있다.

그러나 사이클수명의 문제를 해결하면, Zn의 가격이 싸고, Ni계 전지 중에서는 유일하게 저가로 제조할 수 있는 가능성이 있다.

Ni-Cd 전지는 실용 수준에 있는 축전지 중에서는 가장 에너지 밀도가 높고 항속거리도 종래보다 대폭 증가했다. 그러나 양산차를 고려할 경우 Ni-Cd 전지는 장래성이 결핍되어 있다. 가장 큰 이유는, 카드뮴(Cd)의 자원량이 절대적으로 부족하기 때문이다. 일본의 통산성이 발표한 세계적 Cd의 매장량은, 전기자동차 환산으로, 약 1000만 대분의 제조량에 불과하다. 한정적으로 사용이 가능하지만, 본격적으로 전기자동차를 보급할 경우, 주력의 전지로 되리라고는 생각되지 않는다.

Ni-MH(금속 하이브리드) 전지도 가격이 화제이다. 음극 재료인 수소저장합금으로 “밋쉬 금속”을 사용하고 있는 상황에서는, 양산되더라도 가격이 납축전지의 약 15배로, Ni-Cd 전지보다 높은 것으로 견적되고 있다. 따라서 고성능이고 가격이 저렴한 수소저장합금의 개발이 필요하다.

NaS 전지도 납전지와 Li계 전지를 이어주는 후보의 하나이다. NaS 전지는 양극이 S, 음극이 Na로 약 350°C의 고온에서 작동한다. 에너지밀도가 약 100 Wh/kg로 높고 전기자동차의 주행거리라고 하는 면에서 매력적이다. 그러나 충돌시의 안전성에 관해 찬부양론이 격심하게 맞서고 있다.

작동온도가 높고, Na과 S라고 하는 위험 물질을 사용하기 때문에, 충돌 파괴해서 고온의 전해액과 Na 등이 비산할 경우가 불안한 셈이다. NaS 전지는 독일의 폭스바겐사가 시험차에 채용하고 있지만, 유럽의 자동차 메이커도 “가솔린 탱크와 비하면 안전하다”고 하는 옹호파와 “전지로서 너무 위험하다”고 하는 배제파로 나누어진다. 일본에서는 YUASA가 옹호파의 하나로, “문제점이 많은 Ni계 전지보다 유망하게 보인다.”라고 말하고 있다. 금후는 파괴시험 등으로 NaS 전지의 안정성을 검증해야 된다고 생각된다.

이와 같은 상황에서, 단기적으로는 납축전지의 개량에 의존하고 장기적으로 Li계 전지가 유력한 것으로 결론된다. 그러나 이 전지의 실용화에는 10년 이상의 소요기간이 예상되므로, 향후 양자를 이어주는 것이 문제인 셈이다. 이들 Ni계 혹은 Na-S계의 어떠한 요소(성능, 가격, 안정성 등)를 가장 중시할 것인가하는 자동차 메이커의 의향이 중요한 시점이다.

### 3.2 메탄올 차량

가솔린이나 경유와 같은 액체연료인 메탄올자동차는 대체 에너지 차 중에서는 가장 실용화에 가깝다. 전기 자동차의 1충전당 항속거리가 가솔린 차의 약 1/10, 천연가스차가 1/4~1/5인 것에 대해서, 메탄올차는 약 1/2로 연료탱크의 크기를 2배로 하면 종래와 유사한 항속거리가 얻어진다.

특히 트럭 등의 상용차는 화물의 적재공간과 적재능력을 확보할 필요가 있어서, 무겁고, 공간을 상당히 점하는 축전지나 가스용

기의 탑재가 어렵다. 일본에서는 상용차의 저공해화의 일환으로 현시점에서의 실용성이 높은 전기와 디젤엔진을 조합한 ‘하이브리드’차와 함께 메탄올 차의 보급에 힘을 기울이고 있다.

메탄올 차의 과제<sup>4)</sup>는, 부식성이 높은 메탄올에 접하는 부품의 내부식, 내마모 대책에 달려 있다. 가솔린과 경유가 금속재료를 전혀 침식하지 않는 것에 대해서, 메탄올은 금속, 플라스틱의 양쪽을 침식하기 때문이다. 또, 엔진의 연소실에서 메탄올을 태우면, 포름알데히드(개미산)가 생성되어, 엔진 부품의 부식과 마모를 야기한다. 배기계 부품에도 내부식·내마모성이 필요하다. 결국 연료탱크에서 머플러까지, 일체의 메탄올 대책이 요구된다.

### 3.3 천연가스 차량

천연가스는 CH<sub>4</sub>가 주성분으로 옥탄가가 높고 희박연소도 가능하다고 판단되는 등, 연료로서 우수한 특성을 갖고 있다. 구소련이나 이탈리아 등 천연가스 산출국을 중심으로, 가솔린보다 값싼 에너지원으로서 세계에서 이미 70만 대의 천연가스차가 실용화되고 있다.

천연가스 자동차와 종래의 자동차의 가장 큰 차이는 연료탱크를 대치해서 고압가스 용기(가스보통)를 탑재하는 것이다. 그러나 천연가스는 기존 자동차의 동일 용적 중에 1/4밖에 탑재할 수 없다.

많은 가스용기를 적재하도록 하면, 용기 자체의 중량이 차량중량을 증가시키는 요인이 되어 항속거리가 짧게 되기 때문에 경량의 가스용기의 채용이 불가결하다. 따라서 일본의 동경가스는 NKK와 공동으로 FRP제의 고압가스용기를 개발했다. 현재 일본에서 시험 주행하고 있는 천연가스 차의 대부분이 이같은 가스용기를 채용하고 있다.

FRP제 가스용기는, 두께 4.5 mm의 Al합금 6061의 라이너 외측에 고강도의 T-유리

섬유를 필라민트 와인딩법으로 2층으로 감아 붙여서 에폭시수지로 굳힌 것이다. FRP층은 주방향 감기(hoop층)와 축방향 감기(helical층)의 양쪽을 사용하고, 각각 원심력향, 축력향의 응력에 견디는 구조로 되어 있다.

미국에서도 경량가스용기의 개발이 진행되고 있다. 현재 약 3만 대의 천연가스 차가 주행하고 있으며, 로켓용 연료탱크 등 군사기술의 민영전용을 도모하는 항공우주기 메이커가 천연가스차 시장에 참여하기 때문에 오히려 일본보다도 수요가 많다. 또한 재료의 종류나 조합도 풍부하다.

예를 들면, Al합금 대신에 플라스틱 라이너를 사용한 것, 항공우주기용 FRP성형품 메이커인 미 Brunswick 사는, 고밀도 폴리에틸렌제 라이너의 외측에 탄소섬유/유리섬유의 하이브리드 FRP를 원주로 감아 부착한 경량가스용기를 개발하고 있다.

유럽에서도 스웨덴 ABB사의 일부분인 ABB Plast 사가 열가소성수지 라이너에 탄소섬유/에폭시수지의 CFRP를 감아서 부착한 경량가스용기를 개발, 시 버스용에 납입한 예가 있다. 플라스틱 라이너를 사용한 가스용기는, Al합금+유리 섬유제와 비교해서, 더 큰 경량화효과(약 50%)를 가능하게 하였다.

경량화와 더불어 가스용기 가격의 저렴화도 천연가스 자동차가 보급되기 위한 큰 과제이다. 동경가스에 의하면 감압밸브 등을 제거한 FRP제 가스용기의 가격은 약 15만 엔, 강재는 약 3만 엔으로 저렴하다. FRP는 유리섬유를 감아서 붙인 공정과 열경화공정이 필요하기 때문에 일만 개를 양산할 경우에 약 10만 엔이라고 견적하고 있다.

미국에서는 수요가 많은 것에 기인하여, Al합금과 유리섬유의 조합으로 4~5만 엔이라고 하는 견적가격도 나오고 있다. 일본에서도 금후에는 재료의 저가화나 제조법의 개선에 의한 FRP제 가스용기의 저가화가 과

제로 될 것으로 전망하고 있다.

천연가스 자동차의 매력 중의 하나는, 가솔린차를 베이스로 해서, 가스용기와 배관계, 감압밸브의 장착만으로 간단히 개조가 끝난다는 것이다. 전기 자동차나 메탄올 차에 비해 개선 가격을 싸게 하여 보급하는 것을 목표로 하고 있다. 택시로 보급되고 있는 LPG차와 동일 레벨의 개조비인 40~50만 엔이 목표이다. (일본의 경우)

그러나 FRP제 용기를 10만엔으로 하는 것은 실현이 불가능하다고 판단되고 있다. LPG는 상온에서 액체이기 때문에 가스 용기에 고강성이 필요없으므로, 강제로 충분히 가볍게 제조할 수 있기 때문에, 가격이 싸다. 따라서 고려되고 있는 것이 FRP제 가스용기의 리-스화이다.

가스용기의 수명은 15년으로 길지만, 자동차는 보통 10년도 사용하지 않는다. 폐차시에 가스용기를 회수해서 재이용하면, 1대당 가격은 약 절반으로 된다. 캐나다에서는 천연가스차(시 버스)용으로 가스용기가 리-스되고 있다는 선례도 있다. 자동차의 초기비용의 증대를 달가워하지 않는 자동차 메이커도 가스용기의 리-스화에 기대를 걸고 있다.

### 3.4 회박연소와 촉매기술

연료의 효율이 높고 저 NOx화가 가능한 회박 연소엔진용으로, 산화 분위기인 배기가스 중의 NOx를 정화할 수 있는 새로운 삼원 촉매를 개발, 실용화에 근접하고 있다는 보고<sup>(5)</sup>가 최근 급증하고 있다. 현행 가솔린 엔진용 삼원촉매는, 엔진연소실에 공급되는 연료와 공기의 비율(공연비)이 공급된 연료가 완전연소하는 이론 공연비인 14.7이 아니면, HC, CO, NOx 모두를 정화할 수 없다는 문제점이 있다.

회박연소 엔진에서는 차량이 일정속도로 주행하는 경우 등 엔진부하가 부분 부하일 때에는, 공연비 22~23인 회박한 혼합기에서 연소되어, NOx 발생 그 자체는 적다. 하지

만 가속시 등 엔진의 부하가 큰 경우에는, 혼합기가 적은 공연비로부터 희박연소의 공연비인 22~23으로 이행하는 도중에 산소가 많은 산화 분위기로 되기 때문에, NOx의 환원이 가능치 않게 되어, NOx가 미처리 상태로 배출하게 된다.

이것을 해결하고자 새로운 촉매를 개발하게 되었는데, 최근 마쯔다의 발표<sup>(5)</sup>에 따르면, 제올라이트의 모재 위에 백금 등의 귀금속계 활성 성분을 담지시켰다고 한다. (지금까지는 Cu를 이용한 개발연구가 많이 있었다.) 이 촉매가 산화 분위기에서도 NOx를 환원시킬 수 있는 메카니즘은, 다공질인 제올라이트의 구멍에 NOx가 먼저 잡히고, 귀금속 촉매가 비교적 저온에서 NOx를 환원시키며, 발생하는 산소원자 혹은 이온을 그곳으로부터 다른 장소로 확산시켜서, 질소의 산화를 방지한다고 판단된다. 산화 분위기에서도 NOx를 환원시킬 수 있는 결과로 희박연소를 이용할 수 있는 주행영역이 확대되기 때문에 “새로운 희박연소 엔진을 실용화 할 수 있다.”고 주장하고 있다.

#### 4. 자동차 부품 재활용 대책

환경문제로서는 앞서 언급한 바와 같이, 자동차 산업에서는 배기가스 문제에 대처하는 것이 당면과제이지만, 자동차의 주된 시장인 선진 유럽 등지에서는 대량으로 발생하는 폐차의 처리방법으로서 리사이클 체계의 확립이 또 하나의 환경보존 대책으로 대두되고 있다.

자동차(폐차)의 리사이클은 종래에는 주로 보조용으로서, 단순히 부품을 재이용 하는 것을 의미하고, 주로 중고부품 재생업자가 담당하여 왔다. 그러나 우리의 연간 폐차대수도 이미 30만 대를 넘어선 수준에 있어 점차 폐기물 처리문제의 중요한 구성부분으로 되어가고 있다. 또 자원 및 에너지절약의 차원에서 리사이클을 통한 적절한 폐차처리

시스템의 확립과 자원의 유효이용을 추진하는 일에 우리 자동차업계도 응분의 책임을 짊어지지 않으면 안 될 시점에 있다.

우리나라에서도 92년 12월 “자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률”이 공포된 이후 93년 12월에 지침이 확정되고 법 체계가 정립되어 이제는 본격적으로 시행해야 될 단계에 이르렀다. 동법에 의하면 자동차 업종은 가전 제품과 함께 제1종 제품으로 분류되어, 부품, 재료, 구조 연구 등을 실시해야 되고 제품 설계시 사전에 재활용성을 업체 스스로 평가하도록 규정되어 있다.

일반적으로 폐기물을 처리하는 경우는 ① 부품이나 재료, 원료의 재이용, ② 에너지로서의 재이용, ③ 소각에 의한 폐기물처리, ④ 매립에 의한 생활권으로부터의 배제 등이 있다. 지구의 자원 보존과 폐기물의 감량화를 고려하면, ①, ② 항목 리사이클링이 바람직하다. 자동차 업계에서는 이 분야에 대한 새로운 기술체계를 만들 필요가 있음에 따라서 “리사이클 추진위원회” 혹은 “환경추진위원회” 등을 구성해서, 활발한 활동을 벌이고 있다.

자동차의 전주기 라이프 사이클을 고려하면, 사실상 공업제품으로서는 극히 정비된 리사이클링 시스템을 갖고 있다(그림 1). 차체의 중량면을 보면, 약 75%가 재자원화되고 있고, 리사이클률도 극히 높다.

그러나 슈레더 더스트에서 나온 폐기물은 차체중량의 약 25%에 달해 있고, 매립처분된다. 특히, 폐차 대수의 증가, 대도시권의 처분장 감소에서 오는 처리비용의 폭등 등, 더스트의 처분이 극히 곤란해져가고 있는 실정이다.

슈레더 더스트의 주된 성분은 수지, 섬유, 고무, 기타(유리 등)로 구성되어 있고, 특히 수지는 부피로 보면 약 50%를 점하고 있다. 이러한 수지의 사용은 점차 증가하는 추세이고, 2000년에는 차량 중량비 10%로 예상되고 있어 폐기물의 감량화, 유효이용 이라는



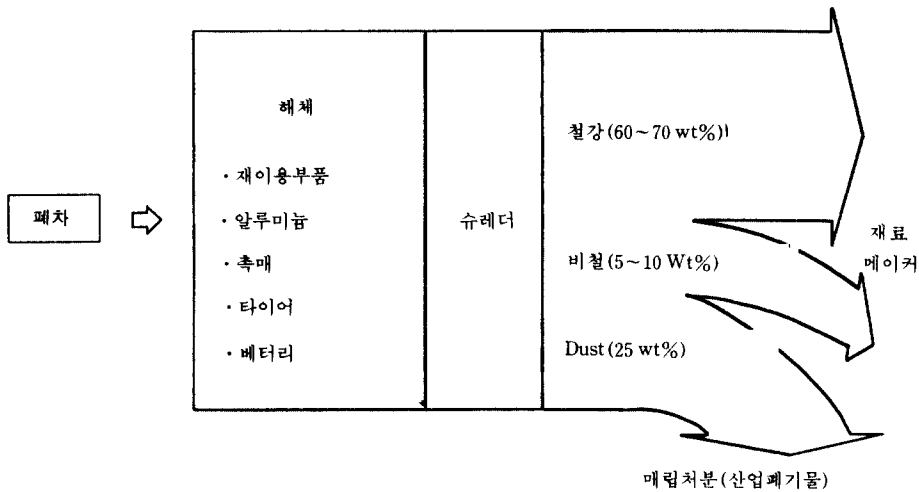


그림 1 폐차 처리와 폐차재료의 리사이클

관점에서, 수지의 리사이클은 피할 수 없는 과제이다.

장래의 리사이클을 고려한 자동차 메이커로서의 대응으로는 수지부품의 재질별 마킹, 범용 열가소성 수지의 확대, 리사이클을 고려한 신재료의 개발 및 응용, 해체를 용이하게 하기 위한 설계 기술개발 등을 열거할 수 있다.

1) 수지부품의 마킹

가장 기본적인 자동차 부품재활용 대책으로는 수지부품의 재질 표시이다. 우선 100g 이상의 수지부품을 대상으로 해서, 통일된 규격으로 양산적용되는 모든 부품의 조성을 표시하는 재질별 마킹이 각사별로 실시되고 있다.

2) 범용 열가소성 수지의 채용확대

수지로는 가열에 의해 용융하고, 냉각하면 굳어버리는 열가소성 수지와 가열을 하여도 다시 용융하지 않는 열경화성 수지가 있다. 이들은 모두 자동차 설계에는 필요한 것이고, 리사이클을 위한 연구가 필요한 실정이다. 그러나 현재로서는 보다 리사이클이 용이하다고 판단되는 열가소성수지의 채용비율을 높이고 있다.

3) 수지부품의 리사이클 기술개발

현재기술 개발 면에서 가장 중점을 두고 있는 것이 도장 범퍼의 리사이클이다. 리사이클된 범퍼는 주로 에어 덕트(air duct), 후범퍼부품, 흡반이 등 비교적 저급의 기술이 요구되는 부품으로 다시 활용되고 있다. 이와 같이 현재의 수지부품 리사이클이 경제적으로 폭넓게 승화되지 못하는 하나의 이유는 아직은 재자원화 기술체계 자체가 미숙한 것에 기인한다. 이것에 대응하기 위한 기술개발이 필요한데, 주로 도막 제거기술 등이 연구되고 있고, 관심을 끄는 것은 외국의 경우, 수지를 열분해 및 촉매를 활용하여 가솔린, 등유 등 석유제품으로 재생하는 기술에도 연구투자하고 있다는 점이다.

4) 리사이클을 고려한 설계·제조기술 개발

지금까지 폐기물처리가 곤란한 이유의 하나는, 설계·제조 단계에서 리사이클링이 고려되어 있지 않다는 점이다. 이 때문에 급후 설계하는 자동차에 대해서는 리사이클성을 높일 필요가 있다.

●재료면

○여러종류 재료의 종합 → 상용성 향상

- 인스트루먼트 판넬
- 리사이클링성이 높은 재료개발(ecomaterial)
- 액정 폴리머강화 열가소성 수지
- 금속결정립 미세화 → 불순물 농도의 저하
- 설계면
- 해체용이 설계
- 부품, 볼트수의 저감

더욱 엄격해진 배기가스 규제 등 난제가 산적해 있지만, 자동차 산업은 다른 기간산업을 지탱해주는 원천으로서, 오히려 이러한 역경을 기술개발, 사업확충의 호기로 전환해야 할 것이다. "재료기술"은 이러한 과제를 해결해주는 90년대의 핵심기술이라는 인식에 우리 자동차업계뿐만 아니라 소재업체, 부품업체 등 관련 기술진의 분발이 요구된다 하겠다.

### 5. 맺음말

1980년대 초반 이후, 세계최대의 자동차 생산국으로 성장해온 일본의 경우, 성장의 원동력은 "기술 개발력"이라고 함축해서 말할 수 있지만, 그 구체적 요인으로는, 배기가스의 정화, 저연비, 경량화대책, 안전대책, 방청성능의 향상 등이 열거되고, 더욱이 이 모든 점을 사회의 요구에 적극적으로 대응하겠다는 자세에 따라, 재료개발에 의한 경량화, 고기능화를 계속 추구해왔다는 점이 크게 돋보인다.

우리의 경우도 향후 예상되는 연비규제나

### 참고문헌

- (1) 池健治, 1990, "90年代 後半의 自動車 輕量化對策의 Vision," 日本輕金屬協會, pp. 1~15.
- (2) 小松, 外, 1992, 日本自動車技術, Vol. 46, No. 7, pp. 139~145.
- (3) 日經, 1993, *Materials and Technology*, March pp. 28~43.
- (4) 金榮吉, 1989, "鐵と鋼," Vol. 75, No. 5, pp. 732~741.
- (5) 日經, 1993, "Materials and Technology," Sept. p. 18. 