

自動車 輕量化 재료의 현황과 특징

Present Status and Properties of Light - Weight Materials in Automobile

金 楨 圭*
Kim Jung Kyu

1. 머리말

오늘날 資源, 에너지의 절약이 요구되는 狀況에서 機械, 構造物의 輕量化는 대단히 중요하다. 輕量化는 기계, 구조물이 가진 전체로서의 機能 및 이를 만들기 위한 경제성과도 관련이 깊기 때문에 경제성을 무시한 경량화는 있을 수 없다. 경량화에 의한 경제성의 장점은 移動機械, 構造物이 가장 크므로 航空機分野로부터 시작한 경량화는 自動車, 鐵道車輛, 船舶 관계에까지 擴張되었다. 특히 자동차업계에서는 차의 構造合理化 및 輕量材料의 사용등이 중요하다.

여기에서는 자동차 경량화를 위한 재료의 현황과 이의 特徵에 관한 資料를 정리하여 설명한다.

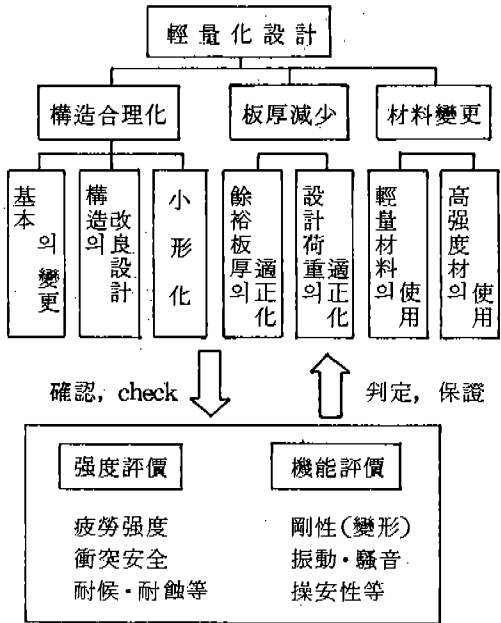


그림 1. 自體의 輕量化手段과 그 評價

2. 자동차의 輕量化와 使用材料 構成

자동차의 경량화에는 그림 1과 같이 여러가지 방법이 있다. 이 중에서 構造合理化가 가장 기본적이며 또한 效果도 크다. 板두께의 감소에 의한 경량화에는 強度, 信賴性의 평가 기술이 確立되어야 하며 또한 사용조건, 특히 荷重의 正確한 把握이 필요하다. 또한 材料變更에는 高强度材料, 輕量材料의 適用이 생각

된다. 輕量材料는 표 1과 같이 比強度, 比剛性이 높은 材料이지만 이의 사용에는 경량화의 特性 이외에 그림 1에서도 시사하는 바와 같이 耐久性, 強靱性 이외에 加工特性, 生産價格까지도 종합적으로 판단하여야 한다. 예를 들면 plastic계 複合材料는 가볍고 강하며, 疲勞強度(fatigue strength)가 높고 熱膨脹係數가 적

* 漢陽大學校, 機械設計學科

표 1. 材料의 構造指數

在 材	特 性	比 重 (g/cm^3)	彈 性 率 E (kgf/mm^2)	引張強度 σ_B (kgf/mm^2)	剛 性 · 座 屈			
					比強度 σ_B/ρ	柱의座屈 E/ρ	圓筒座屈 $\sqrt{E/\rho}$	板의座屈 $\sqrt[3]{E/\rho}$
FRP		1.6	1,700	25	15.5	1,064	26	7.5
GFRP (Winding)		2.0	7,000	140	70.0	3,500	42	9.6
CFRP (一方向強化)		1.5	13,000	150	100.0	8,666	76	15.7
Ti-7 Mn 合金		4.5	10,500	100	22.4	2,330	23	4.9
普通 듀랄루민		2.8	7,000	45	16.1	2,500	30	6.9
超듀랄루민		2.8	7,000	64	19.3	2,500	30	6.9
軟 鋼		7.9	21,000	42	5.31	2,650	18	3.5
Cr-Mo 鋼		7.9	21,000	90	11.40	2,650	18	3.5

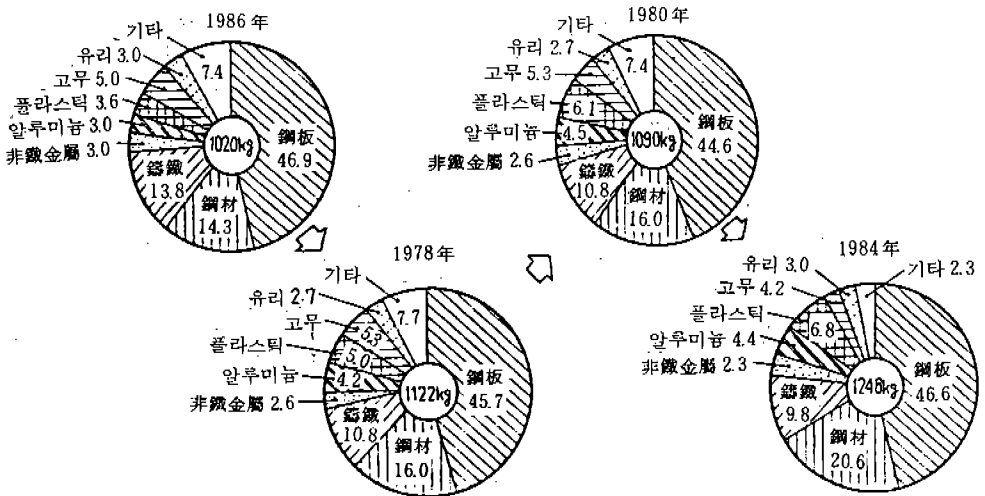


그림 2. 自動車의 構成材料

어 치수의 안정성이 높다는 利點이 있는 반면 強度의 分布가 不均一하며 耐熱, 耐炎性, 耐久性이 劣하며, 접합강도의 문제점 및 價値가 비싸다는 등의 결점이 있다.

그림 2는 自動車에서의 材料使用의 추세이다. 鐵鋼材料(鋼板 및 鋼材)는 1968년에서 1984년까지 自動車 총중량의 70%를 차지하고 있는 중요한 材料이며, 1970년대부터 輕量化의 對策으로 外板이나 内部 구조부재에 高張力 鋼板이 사용되기 시작하여 오늘날 body用 강판의 40%에 이르고 있다. 또한 Al 合金은 3%에서 4%까지, 그리고 plastic계 재료는 3.6%에서 6.8%까지 증가하고 있다. 특히 이 재료는 철강재료에 대신하여 그 사용이 점점 확

대되고 있지만 이중에서도 bumper의 사용량은 현저하다. 그림 3은 도요다 自動車회사의 bumper용 재료의 변화를 나타낸 것으로 1981

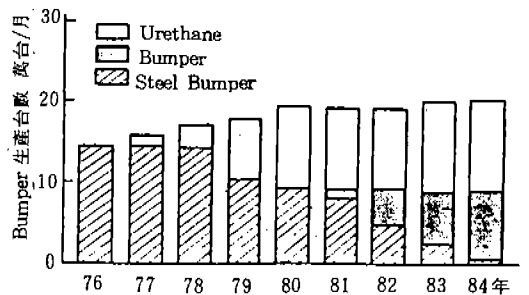


그림 3. 自動車에서의 Bumper用 材料의 變化 (도요다自動車)

년 이후 강재의 bumper 사용량이 급격히 감소하고 있음을 알 수 있다.

이와같이 자동차는 경량재료의 사용에 의하여 경량화가 착실히 진행되고 있다.

3. 自動車用 材料

3-1 鐵鋼材料(高張力鋼板)

高張力鋼은 輕合金이나 複合材料(composite materials) 만큼의 경량화는 기대하기 어렵지만 대량공급의 안정성, 부재 상호간의 접합성, 塗裝 등의 이점을 가지고 있다.

현재 사용하고 있는 高張力鋼板은 冷延鋼板(板두께 1mm정도)과 熱延鋼板(板두께 2~3mm정도)이 있다. 日本의 경우 내용적으로는 냉연강판의 사용은 약간 감소추세임에 반하여 열연강판과 表面處理鋼板이 증가 추세이다. 그림 4는 고장력강판 및 표면처리강판의 사용 예이다.

고장력강판의 사용에 있어서 強度別로는 30~40kg(343~392MPa)급이 80% 이상을 차지하고 있으며 50~60kg(490~588MPa)급이 bumper 주위에, 그리고 나머지 80~100kg(784~980MPa)급이 소량이지만 door의 보강beam을 중심으로 사용되고 있다.

대표적인 고장력강의 화학성분 및 기계적성질은 표 2와 같다.

한편 軟質의 ferrite 조직과 硬質의 martensite 燒入組織과의 混合組織으로 이루어진 複合組織鋼(dual phase steel)은 종래의 고장력

강판의 결점인 성형성(forming)을 대폭 완화하여 고장도 부품의 적용 범위를 현저히 확대하고 있다. 이 강판은 ①변형거동에 있어서 항복현상(yield phenomenon)이 일어나지 않고 균일하게 변형한다. ②降伏比(降伏強度/引張強度)가 낮다. ③延伸率 및 加工硬化性이 크

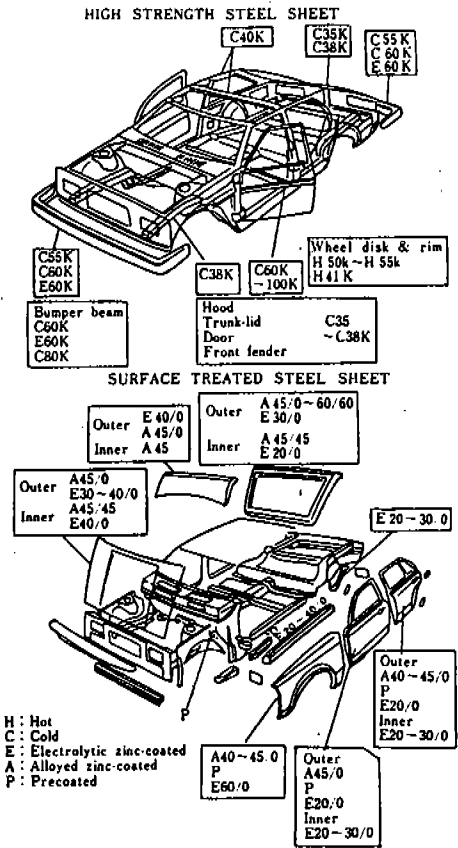


그림 4. 高張力鋼板, 表面處理鋼板의 使用例

표 2. 대표적인 高張力鋼

	化 學 成 分 (%)											機 械 的 性 質		
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	他	降伏點 (kgf/mm ²)	引張強度 (kgf/mm ²)	伸 率 (%)
50kg級 高張力鋼	0.18以下	大體 0.25~0.50	0.90~1.50以下	大體 0.035以下	大體 0.03~0.04以下	0.25以下	0.25以下	0.30以下				33~35 以上	50~60	20 以上
60kg級 高張力鋼	約 0.18以下	0.55~0.75以下	1.00~1.50以下	"	"		0.60以下 或 1.00以下	0.40以下	0.30以下	0.15以下 或 0.15以下		45~50 以上	60~72	20 以上
70kg級 高張力鋼	0.18以下	0.35~0.55以下	1.20~1.50以下	"	"	0.40以下	1.00以下	0.50以下 或 0.80以下	0.40以下			58~63 以上	70~82	19 以上
80kg級 高張力鋼	0.18以下	0.15~0.55以下	0.60~1.20以下	"	"	0.50以下	1.00以下 或 1.50以下	0.80以下	0.60以下	0.10以下	B 0.006以下	70 以上	80~95	"
100kg級 高張力鋼	0.18以下	0.15~0.55以下	0.60~1.20以下	"	"	0.50以下	1.50以下	0.40~0.80	0.60以下	0.10以下		90 以上	96~115	"

표 3. 熱延 Dual phase鋼板의 例(두께 : 3.3mm)

引張強度 [kgf/mm ²]	主要化學成分 [wt %]				主要機械特性			
	C	Si	Mn	Cr	降伏應力 [MPa]	引張強度 [MPa]	破斷伸率 [%]	降伏比
70	0.08	1.1	1.1	0.1	400	700	30	0.59
60	0.05	1.0	1.5	-	400	660	31	0.61
55	0.05	0.5	1.3	-	360	580	33	0.61

다. ④Stretcher strain의 문제점이 없다. ⑤熱-cycle의 적당한 選擇에 의해 양호한 強度-延性관계를 얻을 수 있다. ⑥同級の 구조용 강판에 비하여 疲勞強度가 높다 등의 특징을 가지고 있다. 표3은 熱延 복합조직강의 화학 성분, 기계적특성의 예이며 그림5는 각종 강판의 引張強度와 破斷延性과의 관계이다. 이 그림으로부터 복합조직강판은 다른 강판에 비하여 높은 강도와 연신율을 보이고 있음을 알 수 있다.

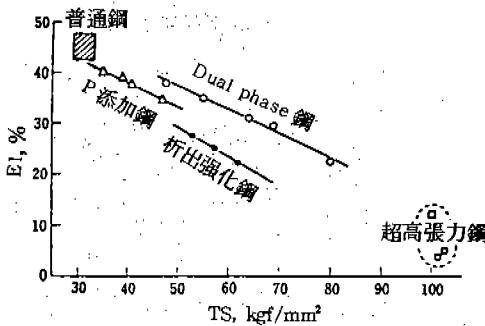


그림 5. 각종 強化鋼의 引張強度(TS)와 伸率(EI)과의 관계

表面處理鋼板은 耐蝕性, 皮膜加工性, 溶接性, 塗裝性, 鋼板特性 등을 고려하여 사용되며 이에 따라 아연도금강판 등의 사용량이 급격히 증가하고 있다. 또한 北區, Canada 등 冬期凍結防止用으로 다량의 融雪鹽을 散布하는 지역에서는 車輛의 防錆性能의 향상을 위하여 도장성, 성형성, 용접성이 뛰어난 2층 전기도금강판이 개발되어 사용되고 있다. 이 강판은 내층은 아연의 함유율이 높아 耐蝕성을, 그리고 외층은 철의 함유율이 높아 도장성을 향상시키고 있다. 표4는 자동차용의 防錆處理鋼板의 예이다.

3-2 纖維強化金屬(FRM)

FRM은 Al, Mg 등의 경금속을 모지(matrix)로 하여 carbon, SiC, Al₂O₃, 금속 등의 纖維(fiber)로서 강화된 재료로서 자동차부품의 경량화, 耐熱性 향상을 위하여 주목을 받고 있다. 이 재료는 diesel engine의 piston 耐摩環으로서 처음으로 자동차에 사용되었고 이후 connecting rod에도 실용화되고 있으며 앞으로 engine 부품의 적용이 더욱 확대되리라 생각된다. 그림6은 FRM의 적용예이다.

FRM의 특성은 주로 섬유유리 종류, 체적율에 지배된다. 그림7은 FRM의 고온특성을, 그리고 그림8은 섬유함유량 V_f와 인장강도 σ_c와의 관계이다. σ_c와 V_f사이에는 長纖維가 一方向으로 존재하는 경우 다음 식으로 나타난다.

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m(1 - V_f) \quad (1)$$

여기에서, σ_c, σ_f, σ_m은 각각 복합재료의 강도, 섬유 및 matrix의 강도

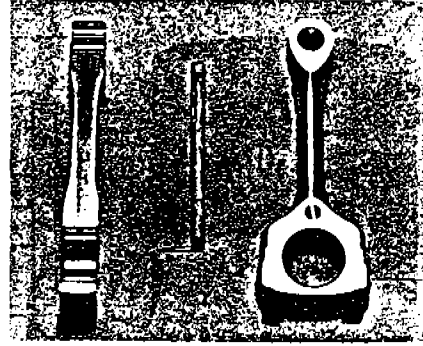
한편 그림9는 熱膨脹係數의 V_f의존성을 나

표 4. 自動車用 防錆處理鋼板의 種類

自動車防錆處理鋼板의 種類		皮膜量	兩面,片 面의別	用途
亞鉛鍍金鋼板	熔融亞鉛鍍金鋼板	90~120 g/m ²	兩,片	車體防錆其他
	電氣亞鉛鍍金鋼板	20~40 g/m ²	兩,片	
合金亞鉛鍍金鋼板	合金化熔融亞鉛鍍金鋼板	45~60 g/m ²	兩,片	
	電氣合金亞鉛鍍金鋼板	20~30 g/m ²	兩,片	
塗裝鋼板	鍍金複合系塗裝鋼板	10μm	片(兩)	



(a) FRM耐摩環 Piston



(b) Connecting Rod

그림 6. FRM의 적용예

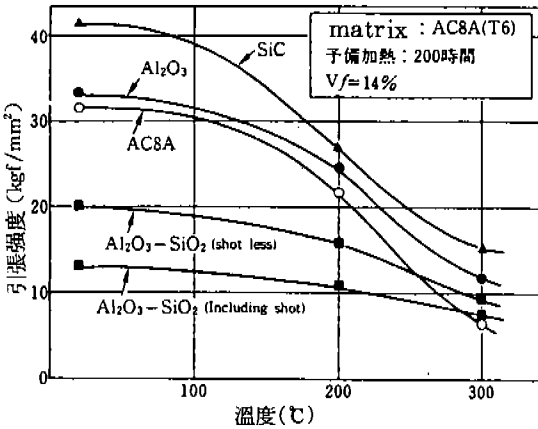


그림 7. 高温特性

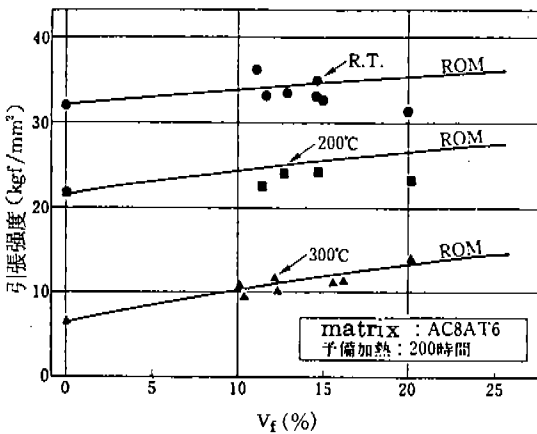


그림 8. 强度和 V_f와의 관계

타낸 것으로 V_f의 증가에 따라 이 값이 저하함을 알 수 있다. 또한 이러한 熱膨脹에 관련

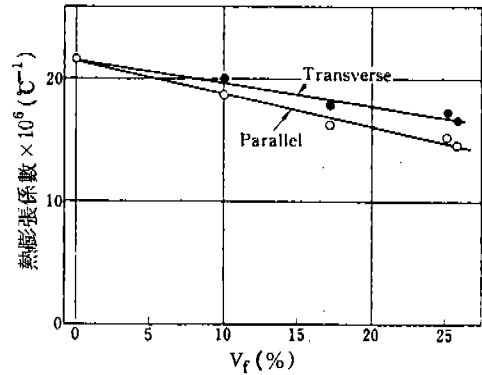


그림 9. 熱膨脹係數와 V_f와의 관계

하여 주의할 점은 matrix의 잔류응력이다. 이러한 응력은 가열 또는 냉각후의 일정한 온도에서 유지하면 matrix에 치수변화를 생기게 하므로 고온에서 FRM을 사용하는 경우에는 熱的 치수 안정성을 충분히 고려하여야 한다.

3-3 plastic 複合材料

자동차에 plastic 複合材料를 사용하려는 이유는 일반적으로 鋼板에 비하여 ①경량화, ②design의 자유도 향상, ③부품의 일체화, ④耐蝕性, ⑤소량 生産時의 저가격 등의 이점이 있기 때문이다. 그런데 日本의 경우는 이 재료의 사용이 미국, 유럽에 비하여 강판의 공급 안정성, 고성능 등으로 인하여 상당히 뒤떨어진 상태라고 할 수 있다. 일본 자동차에 있어서 FRP의 사용은 다음과 같이 분류하고 있다.

제1기: 1965년까지 주로 handray-up 법

에 의존한 시기로서, 스포츠 자동차의 외장부품 등 특수용도에 극히 제한되어 사용되었다.

제 2기: 1974년까지로서, 이른바 저수축성 수지가 개발되어 생산성이 좋은 SMC(Sheet Moulding Compound), BMC(Bulk Molding Compound)의 기술이 발달되고 일시적으로는 자동차용도가 크게 증가한 시기이다.

제 3기: 1975년~현재까지, 미국을 중심으로 SMC의 개량 기술이 향상된 상황에서 일본에서도 대단한 기술개발이 진행되어 상당히 광범위한 자동차 부품에 사용되고 있다.

이하에 이들 재료의 현상 및 동향을 알아본다.

○ SMC

이 재료는 모지로서 不飽和 polyester에 유리纖維 함유량 30%가 주류를 이루고 있으며 주로 램프 또는 에어컨디셔너의 하우징 등에 사용되고 있다.

재료에 관한 새로운 어프로치로서는 vinyl-ester계 polyester이 있다. 이것은 耐衝擊性, 耐水性이 뛰어나므로 종래의 MgO 增粘劑 대신에 성형시에 동적점성이 좋은 urethane계 접결제를 사용하여 유리섬유 함유량을 60% 정도 까지 높일 수 있어서 高强度의 SMC(HMC)를 만들 수 있다. 또한 유리 roving을 X형태로 winding하면서 유리 chop을 배합할 수 있는 고강도의 SMC(XMC)의 개량개발도 활발히 진행되고 있다. 日本 武田樂品이 개발한 TMC(Thick Moulding Compound)는 Co-

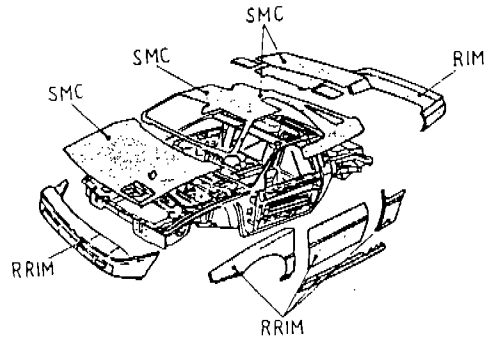


그림 10. Plastic Body車의 例

mpound의 두께를 최고 5cm까지 가능하며, 6~50mm까지의 유리섬유를 배합할 수 있어 기계적특성이 우수하므로 Ford, USM 등에서 사용이 추진되고 있다.

그림 10은 Fiero車의 SMC사용예이다. panel수평부분은 강성이 높은 SMC를 사용하고 수직부분은 可撓性이 있는 polyurethane R-RIM을 사용하고 있다. 일본에 있어서 樹脂외판의 최근의 적용예로서는 엔진 hood가 있으며 이것은 외판에 高面品質 SMC를 사용하고 내판에는 低比重 SMC를 사용하여 경량화를 시도하고 있다.

○ BMC

BMC는 不飽和 polyester에 유리纖維 등의 강화제를 混合하여 사출성형한 것으로 SMC에 비하여 보강효과가 적은 결점은 있지만 치수가 정확하고 외관 및 품질면에서 안정도가 높으며 또한 생산속도면에서 이점이 많다.

○ R-RIM(Reinforced Reaction Injection Molding)

RIM의 기술이 도입된 것은 최근의 일로서 R-RIM이 각광을 받기 시작한 것은 에너지生産方式, 彈性係數의 향상, 보강재의 충전에 의한 熱膨脹係數의 저하에 의한 body 부품으로의 적용 가능성이 높기 때문이다. R-RIM은 urethane, epoxy, polyester, nylon 등이 있지만 현재 제품으로서 적용이 가능한 단계에 있는 것은 urethane이다.

○ GFRP, CFRP

표 5는 자동차용 FRP 부품의 예를 나타낸 것으로 강화섬유에 유리섬유를 사용한 GFRP

표 5. 自動車用 FRP 部品の 例

強化纖維	樹脂	用途	成形法
Glass	Polyester	Bumber Reinforcement Floor Spoiler	引拔, 壓縮 壓縮, RI 壓縮
	Epoxy	Leaf Spring	FW, 壓縮
Carbon	PEEK	Connecting Rod	射出, 壓縮
Class + Carbon	Epoxy	Propeller Shaft	FW

註) RI: Resin Injection,
FW: Filament Winding

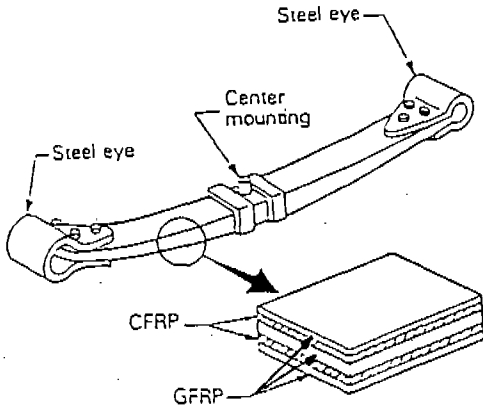


그림 11. Leaf Spring의 例

는 이미 자동차부품으로서 많이 사용되고 있다. 최근은 強度, 彈性率이 높은 Carbon섬유, Kevlar纖維의 적용이 검토되고 있다.

CFRP는 가볍고 강도, 내구성, 내피로성이 뛰어나기 때문에 leaf spring, diskwheel, propeller shaft 등이 실용화되고 있다. 그림 11은 CFRP-GFRP Hybrid로서 이루어진 leaf spring의 예이다.

3-4 세라믹(ceramics)

세라믹은 酸化物系, 炭化物系 및 窒化物系로 나눌 수 있으며 표6은 주요한 構造用 세라믹의 특징을 나타낸 것이다.

표6. 構造用 세라믹의 特徵

特 徵 \ 材 料 名	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	SiC	Si ₃ N ₄	비 고
密度 (g/cm ³)	3.4	6.0	3.12	0.26	실온 1,200 °C
굽힘強度 (kgf/mm ²)	60	100	45	75	
	20	-	45	40	
破壊靱性値 (kgf/mm ^{3/2})	15	29	15	20	
彈性係數 (kgf/mm ²)	3.5 × 10 ⁴	2.2 × 10 ⁴	4.2 × 10 ⁴	2.9 × 10 ⁴	
硬度(HR 4N)	88	84	92	87	
熱膨脹係數 (°C ⁻¹ rt-1,200°C)	8.4 × 10 ⁻⁶	11.4 × 10 ⁻⁶	4.6 × 10 ⁻⁶	3.2 × 10 ⁻⁶	
熱傳導率 (cal/cm·s·°C)	0.035	0.005	0.15	0.03	
耐熱衝擊溫度 (°C)	230	300	280	500	
酸化增量 (mg/cm ² 1,300°C 100H)	0	0	0.02	1.2	

산화물계는 Al₂O₃가 가장 일반적이며 융점이 높고 강도도 높을 뿐만 아니라 熱傳導性, 耐藥品性 및 電氣絶緣性이 뛰어나다. 따라서 종래부터 내열, 내마모 등의 응용에 널리 사용되고 있으며 일부는 切削工具에 실용화되고 있다. ZrO₂는 세라믹중에서 가장 높은 靱性和 強度를 가진 재료이지만 온도상승과 함께 인성은 강도와 함께 현저한 감소를 나타낸다. 현재 자동차용 부품으로는 酸素센서素子에 사용되고 있지만 이것은 ZrO₂의 산소 이온傳導性을 이용하여 응용한 것이다. 탄화물계의 SiC는 Si₃N₄와 함께 유망시되고 있는 것으로 共有結合性이 대단히 높기 때문에 산화물계에 비하여 융점 및 경도가 높으며 열전도율, 고온

강도가 크지만 耐酸化性이 낮다. 또한 내충격성, 내열충격성 등이 Si₃N₄에 비하여 떨어지며 현재 自動車 engine 부재로서 이용되고 있지는 않다.

질화물계중 실용재료로서 특히 주목되고 있는 것은 Si₃N₄와 BN이다. Si₃N₄는 여러가지의等級이 있고 특성은 燒結助劑의 종류 등에 따라 크게 다르다. 일반적인 특징으로는 輕量, 高強度, 高靱性, 耐熱耐蝕性, 耐熱衝擊性, 耐摩耗性이 뛰어나다. 이 재료는 가스터빈의 날개, 열교환기, 耐熱治具 등의 고온기계부품에 사용되고 있고 BN은 超硬質研削材로서 많이 이용된다.

이상과 같이 세라믹은 금속에 비하여 高溫

強度, 剛性, 耐熱性, 化學的안정성이 뛰어나기 때문에 엔진부품으로서의 사용할 가능성이 있으며 이에 따라 엔진의 성능을 비약적으로 개량할 수 있을 것이다. 그러나 현재로서는 세라믹을 소재로 하는 엔진부품을 설계함에는 설계면, 생산기술면, 가격면 등에서 상당한 문제점이 있다. 이하에서는 구조용 세라믹에 있어서 설계면 및 생산기술면의 상황에 대하여 언급한다.

○ 강도와 신뢰성

Weibull의 분포함수는 강도 σ 의 확률분포함수를 $P(\sigma)$ 라고 하면 세라믹의 경우 다음식과 같이 나타낸다.

$$P(\sigma) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right)^m\right] \quad (2)$$

여기에서 σ_0 는 재료의 특성치이며 m 은 Weibull계수로서 이 값이 클수록 강도에 흠어짐이 적어 신뢰성이 높음을 의미한다.

종래의 세라믹은 강도의 흠어짐이 대단히 컸지만 오늘날 缺陷이 적고, 대단히 균질하며 또한 微細한 微視組織을 가진 세라믹의 제조가 가능하게 되어(Si_3N_4 또는 SiC 를 주성분으로 하는 세라믹의 소형 시험편) m 값이 20~30 이상에 달하고 있다. 현재는 大形, 복잡한 모양의 實物製造에 $m \geq 20$ 을 목표로 노력을 기

우고 있다.

○ 破壊靱性值 K_{IC}

종래의 대부분의 세라믹은 $K_{IC} \approx 1 \sim 5 \text{ MPa}\sqrt{m}$ 의 값을 나타내지만 약 10년전부터 인성향상을 위하여 노력한 결과 최근에는 K_{IC} 가 $15 \sim 30 \text{ MPa}\sqrt{m}$ 인 세라믹 燒結體가 만들어지고 있다. 현재는 強度와 靱性を 함께 증가시키는 방법, 인성만을 증가시키는 방법, 고온에서 強度의 감소를 줄이는 방법, 생산가격이 낮은 방법 등이 연구되고 있으며 高溫構造用 세라믹의 K_{IC} 로서는 $6 \text{ MPa}\sqrt{m}$ 이상, $10 \text{ MPa}\sqrt{m}$ 정도가 적당하다고 생각하고 있다.

○ 接合 및 機械加工

세라믹과 세라믹 및 세라믹과 금속사이의 접합이 좋지 않으면 기계나 장치를 제작함에 장애가 되므로 이의 방법에 대하여 연구가 진행되고 있다. 또한 기계가공은 세라믹이 대단히 단단하고 切削하기 어려우므로 剛性이 큰 精密度가 높은 加工機械를 필요로 한다.

○ 評價 및 應用技術

세라믹에 관한 기술의 확립에는 제조기술뿐만 아니고 제조된 재료의 성질(피로, Creep, 마모, 부식 등)을 정확하게 평가하여 data base를 構築하여야 하며 또한 保證方法이나 非破壞檢査法이 확립되어야 한다.

표7. Bumper用 Al合金의 化學成分과 機械的 性質

合金名 質別	形狀	化學成分(%)					機械的 性質		
		Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	耐力 (kgf/mm ²)	引張強度 (kgf/mm ²)	伸率 (%)
6061 T4	板, 形	0.7	0.27		1.0		14.7	24.6	22
6061 T6	板, 形						28.1	31.6	12
7016 T5	形	0.12	0.70		1.1	4.5	32.3	36.6	16
×7021 0	板 形	0.40	0.15		1.5	5.5	14.1	19.0	18
×7021 T61	形						40.1	44.3	13
×7029 T5	形	0.12	0.70		1.65	4.7	38.7	43.6	15
×7029 T62	板	0.30	0.70		1.65	4.7	38.7	43.6	15
×7046 T63	板, 形	0.40	0.25		1.30	7.1	38.7	42.9	13
×7146 0	板, 形	0.40			1.30	7.1	15.4	20.4	16
×7146 T63	板, 形						38.7	42.9	13
ZK55 T62	板	0.40	0.25	0.20	1.5	5.5	39	43	13
T5	形						41	46	15

3-5 알루미늄

표 7은 bumper 용 알루미늄 합금의 화학성분 및 기계적성질의 예이다. 이 재료는 重量輕減, 주행시의 에너지 절감, 耐蝕性 및 無塗裝 등의 이점은 있지만 제작방법의 특수성, 強度, 剛性의 향상을 위한 연구 및 설계 등의 문제 이외에 재료의 가격이 강판의 8~10배라고 하는 최대의 문제점이 있다. 그러나 최근 輕量化의 요구조건에 따라 총사용량은 약간 상승하는 추세이며 자동차의 적용에는 body-panel, bumper, wheel, 열교환기 등이 있다.

4. 끝 맺 음

이상, 自動車の 輕量化를 위한 구성재료 및 이들 재료의 현황과 특성을 설명하였다. 경량화 재료는 단순히 경량화의 인자만이 중요한 것이 아니고 耐久性, 信賴性, 安全性, 經濟性 등의 내용을 종합적으로 把握하여 사용하여야 하며, 또한 자동차 부품으로서의 新材料의 응용에 있어서는 信賴性 향상, 設計方法, 評價 및 保證方法의 확립이 구축되어야 하겠다.

끝으로 자동차 경량화 재료에 대한 현황의 내용이 너무나 광범위하여 본 자료가 단편적인 설명에 치우친 경향이 있음에 대하여 독자의 양해를 바란다.

이상의 내용은 다음의 參考文獻에서 말쑥하여 정리한 것이다.

參 考 文 獻

1. 井口, 輕量化構造設計と機械材料, 機械の研究, Vol.33, No.3, pp.343~349, 1981.
2. 藤本, 自動車構造の疲労壽命推定における新しい考え方, 自動車技術, Vol.40, No.8, pp.1048~1054, 1986.
3. 糞谷, 自動車への新素材利用の現状と今後の具とおし, 日本機械學會誌, Vol.90, No.821, pp.468~474, 1987.
4. 大澤, 自動車用材料の現状と將來, 自動車技術, Vol.36, No.8, pp.846~853, 1982.
5. 武智, 最近の自動車用高張力鋼板の特徴と性能, 機械の研究, Vol.33, No.2, pp.257~260, 1981.
6. R. O. Ritchie, Near-Threshold Fatigue: An Overview of the Role of Microstructure and Environment, Fatigue 84, Vol. III, pp.1833~1864, 1984.
7. R. G. Davies, Influence of Martensite Composition and Content on the Properties of Dual Phase Steel, Met. Trans., 9A, pp.677~685, 1978.
8. 岡, 自動車用防錆處理鋼板の動向, 自動車技術, Vol.37, No.8, pp.876~883, 1983.
9. 糞谷, FRMの現状と將來, 自動車技術, Vol.40, No.8, pp.956~962, 1986.
10. 小松, 樋野, 自動車用 FRM 開發の現状と將來, 自動車技術, Vol.42, No.6, pp.698~704, 1988.
11. 菅沼, 田中, FRM實用化における信賴性, 日本機械學會誌, Vol.90, No.827, pp.1289~1294, 1987.
12. 鈴木, 自動車(FRP 30年の歩み), 強化プラスチック, Vol.30, No.5, pp.183~189, 1984.
13. 奥山, 自動車における FRP의 現状と將來, 強化プラスチック, Vol.32, No.10, pp.453~458, 1986.
14. T. Hayashi, Composite in Japan, ICCM-IV, Vol. I, pp.1~8, 1982.
15. 奥山, 自動車の燃費向上と輕量化材料の動向, 自動車技術, Vol.37, No.8, pp.862~869, 1983.
16. 山田, 機械構造材料としてのフaynセラミックス, 自動車技術, Vol.37, No.8, pp.900~907, 1983.
17. 服部, 多島, 構造用セラミックスの開發動向, 自動車技術, Vol.40, No.8, pp.975~979, 1986.
18. 鈴木, 構造用セラミックスにおける問題點と實用化の現状, 日本機械學會誌, Vol.90, No.821, pp.410~415, 1987.

19. 濱中, 構造用セラミックスの信頼性評価, 日本機械學會誌, Vol.90, No.827, pp.1301~1306, 1987.

20. 竹内, 西村, 自動車のアルミの現状, 自動車技術, Vol.36, No.8, pp.854~862, 1982.