

技術解説

自動車用 輕量化材料의 動向

李 榮 勳

1. 緒 言

1973年의 第1次 石油波動 以後 全世界가 에너지 節約政策을 強力히 推進하고 있는 가운데 各國의 自動車業界에서도 燃料節約技術의 開發을 至大한 課題로 登場하게 되었다.

先進 自動車業界에 있어서는 燃料效率向上을 비롯하여 排氣淨化對策, 安全對策, 消費者의 要求에 對應한 變化등에 細心한 對策을 講究하고 있는데 그중에서도 燃費向上은 가장 重要한 課題가 되고 있으며 同時에 自動車의 商品價値를 左右하는 要因이 되고 있다.

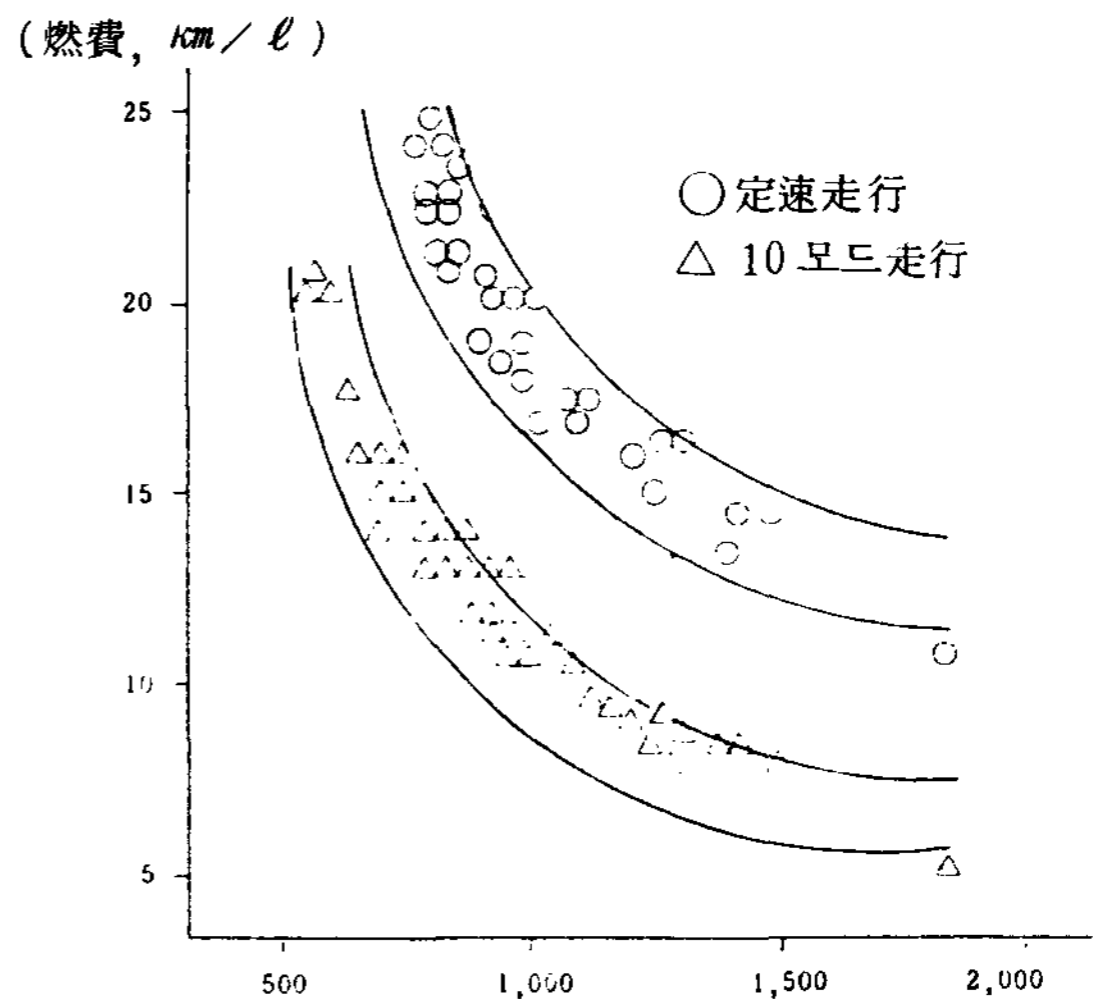
自動車의 에너지節約 方向은 크게 나누어 小型化, 輕量化 및 高機能化를 생각할수 있으며 이중 燃費向上을 가장 손쉽게 解決하는 方法이 車輛重量을 減少시키는 輕量化 材料問題를 들수 있다.

本稿에서는 自動車重量과 燃費關係를 살펴보고, 輕量材料의 現況과 展望에 대하여 概略적으로 紹介하고자 한다.

2. 自動車重量과 燃費關係

自動車重量과 燃費와의 關係는 <그림 1>과 같이 反比例로 나타나며 1 Ton 重量의 自動車일 경우 平均 10 km/l의 走行이 可能하다. 여기서 重量을 100kg 減少시킬 경우 燃料消費는 11 km/l로 向上되어 10%의 燃料節約을 가져오게 되고 이차가 10萬 km 까지 走行할 동안의 燃料節約은 約 910 l로 거의 1m³나 된다.

一般的으로 플라스틱材料 1 kg을 採擇할 경우 金屬材料를 使用하는 경우보다 約 1 kg의 重量을 減少시킬 수 있으며 부수적인 重量減少 即 엔진, 變速



資料 : 日本石油學會, Petrotech, (重量, kg) 1981.10.

<그림 1> 重量-燃費의 試驗方法別 相關圖

裝置, 프레임等 構造上의 輕量化가 이루어져 全體的으로는 平均 1.2~1.4 kg의 輕量化를 얻을 수 있게 된다.

이와같이 輕量化에 의한 燃費向上 效果가 매우 크기 때문에, 第1次 石油波動 以後 需要가 小型의 燃料節約型 乘用車로 移行하게 되었으며, 이로 인한 輕量化를 集中的으로 推進하게 되었다.

이와같은 努力의 結果로, <表 1>에서 보여주는 것과같이 美國産 自動車의 臺當 重量도 72~82年間に 17.2%가 減少 되었다. 使用된 材料別 臺當 重量構成比도 크게 變化되어 輕量의 高張力鋼板, 알루미늄, 플라스틱 등의 構成比 및 使用量이 크게 增大되었으며 무거운 鑄鐵등은 현저히 減少되었다.

自動車에 使用되는 材料의 構成比率은 車輛種類에 따라 약간의 차이는 있지만, Arther Anderson Co.가 1981년에 發表한 1990年型 自動車의 材料構成을

* 韓國自動車工業協同組合

〈表 1〉 美國產 自動車の 材料別 臺當 重量 構成 推移

單位 ; 파운드, %

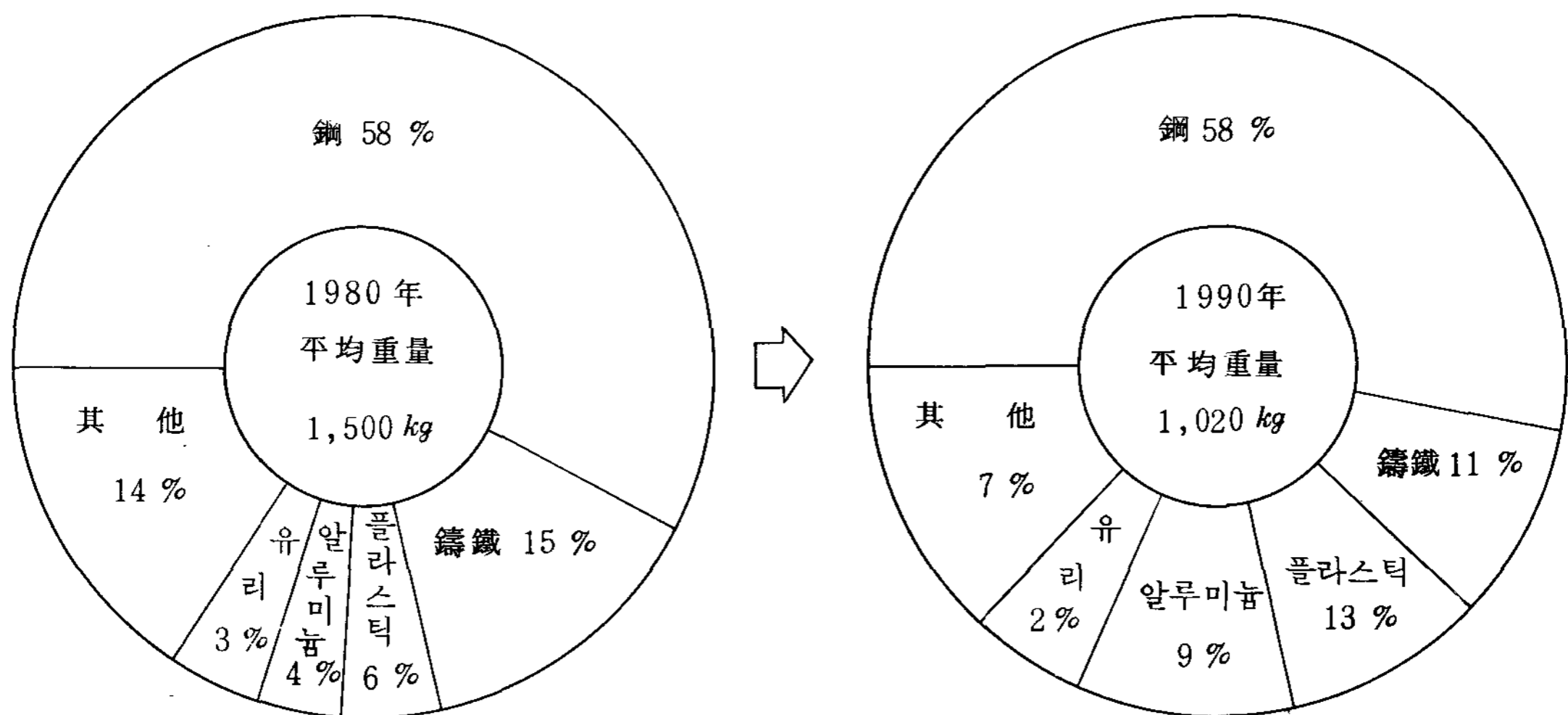
	1976		1980		1982		'82/'76 變化率
	重 量	構成比	重 量	構成比	重 量	構成比	
高 張 力 鋼	120.0	3.2	175.0	5.2	203.0	6.5	+ 69.2
알 루 미 늬	85.5	2.3	130.0	3.9	134.0	4.3	+ 56.7
플 라 스틱	162.5	4.3	195.0	5.8	200.0	6.4	+ 23.1
스 텐 레 스 鋼	28.0	0.7	27.5	0.8	27.0	0.9	- 3.6
유 리	87.5	2.3	83.5	2.5	84.0	2.7	- 4.0
운 활 유 등 液體	190.0	5.1	178.0	5.3	179.0	5.7	- 5.8
鉛	25.0	0.7	23.0	0.7	23.5	0.8	- 6.0
고 무	153.0	4.1	131.0	3.9	135.0	4.3	- 11.8
銅	32.0	0.9	28.0	0.8	28.0	0.9	- 12.5
鐵	562.0	14.9	484.0	14.4	461.0	14.8	- 18.0
炭 素 鋼	2,075.0	55.2	1,737.0	51.7	1,469.0	47.2	- 29.2
亞 鉛	44.0	1.2	20.0	0.6	15.5	0.5	- 64.8
其 他	196.0	5.2	151.0	4.5	155.0	5.0	- 20.0
合 計	3,760.5	100.0	3,363.0	100.0	3,114.0	100.0	- 17.2

資料 ; Ward's Communications Inc., Ward's Automotive Yearbook 1983.

〈그림 2〉로 豫測한 것을 보면 輕量材料의 使用比率은 알루미늄이 9%, 플라스틱이 13%로 約 2倍정도 增加하고 있다. 한편 鐵鋼材料에 대해서는 鋼이 58%,

鑄鐵이 11%로, 1980年型에 비해 鋼은 變化하지 않지만 鑄鐵은 약간 減少한다.

이와같이 自動車 重量은 輕量化의 效果에 의해 1.



資料 : Ward's Automotive Yearbook, 1982.

〈그림 2〉 自動車 材料의 使用展望

020 kg 까지 減少하고 1980年型에 대한 平均 輕量化率은 32%가 될 것으로 展望된다.

3. 輕量材料의 現況과 展望

가. 高張力鋼板

自動車 構成材料의 50~60%를 點하고 있는 鋼板의 輕量化는 高張力鋼板(High Strength Low alloy; HSLA)을 中心으로 研究가 推進되고 있다. 高張力鋼板은 두께減少에 의한 輕量化 뿐만 아니라 衝突時에 있어서 變形抵抗과 衝擊吸收性의 向上이 기대되고 있다.

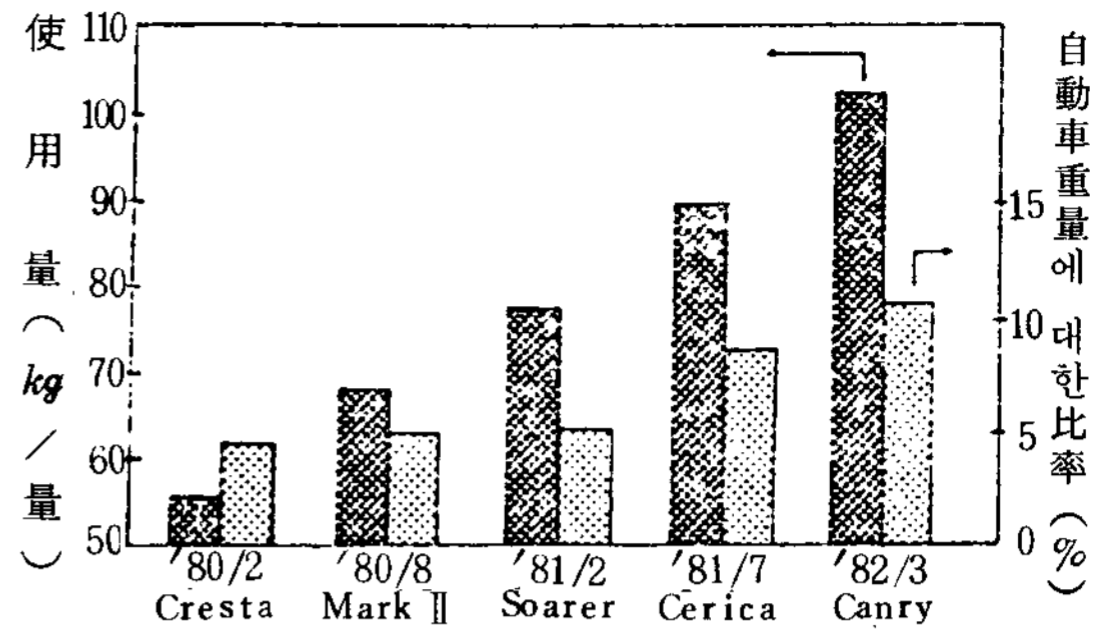
普通의 冷延鋼板으로는 두께가 0.7~0.8mm이나 高張力鋼板의 경우 같은 強度를 갖는 條件으로 두께를 0.1mm로 떨어 뜨릴수 있는 長點도 있으나 프레스 成形性, 成形後의 精度, 두께減少에 따른 鋼性의 低下等에 對한 短點도 있어 이의 問題點을 解決하여 나가지 않으면 안된다.

最近 自動車에 使用되고 있는 高張力鋼板은 35~40 kg/mm² 級의 析出強化型 鋼板(Nb, Ti, V의 炭化物 또는 窒化物)이고, 이밖에 複合組織型 鋼板(Cr, Mo, V, Mn, Si 添加)도 一部 使用되고 있다. 特히 後者는 Dual Phase 鋼이라고 부르며 車體 組立後의 塗裝工程에서 170°C 前後로 乾燥할때 組織이 變化하여 強度가 增加하는 性質이 있다.

高張力鋼板이 自動車에 適用하는 例를 보면 各種 Frame, Bracket 류, Bumper, Door Impact Bar 등이 있으며 今後의 傾向은 強度를 重點적으로 要하는 Chassis 部品 또는 Energy 吸收用 安全部品과 Arm, Frame, Bracket 류 및 Engine Mount, Cross Member, Door Impact Bar 等に 應用될 것으로 기대되고 있다.

이와같이 高張力鋼板의 適用은 어려운 問題가 많지만 燃費向上에 큰 몫을 차지하는 輕量材料로서 기대가 매우 크고 自動車 外板用으로서의 展望도 급속히 展開되고 있다. <그림 3>은 最近 新型車에 있어서 使用量의 推移를 表示한 것이다.

한편 鑄鐵은 自動車의 重量節減이 問題時 되여온 以來 가장 많은 消費減少를 보이고 있다. 特히 鑄鐵



<그림 3> 自動車에서 高張力鋼板의 使用量 推移

이 많이 使用되고 있는 엔진部品들은 벽을 얇게 만드는 (Thin-Wall) 技術로서 많이 改善되었다. 美國·日本 兩國의 乘用車 材料構成上 鋼과 鑄鐵이 차지하는 比率이 今後 줄어들 것으로 豫測되고 있다.

나. 알루미늄

自動車 材料로서 알루미늄이 使用되고 있는 가장 큰 特徵은 輕量性이며, 또한 熱傳導性이 좋고 耐蝕性이 優秀하며, 表面이 고와서 意匠性이 좋고, 또 加工性, 鑄造性이 良好하여 大量生産이 可能하다는 長點을 가지고 있으나 프레스加工性이 나쁘며, 鋼板과의 熔接이 어렵고, 塗裝性이 鋼板과 다르기 때문에 鋼板과 同一한 라인에서 同時에 塗裝할수 없다. 特히 材料費가 높고 長期的인 材料供給과 COST變動이 不安定 要素가 短點이 되고 있으나 輕量化材로서 有望視 되고 있다.

알루미늄이 自動車用 構造物로서 Cylinder Head, Crank Case, Piston, Oil pump, 및 Water pump, Oil Cylinder 등에 適用하는 例가 있으며, 壓延品에는 Grill, Trim 등 장식품과 Oil Cooler 등 熱交換器에 使用하고 있으며, 今後의 傾向에서는 採用 擴大 部品은 Bumper (BEGA 등), Body Sheet, Radiator 및 Wheel 등이 展望되고 있다.

<表 2>는 알루미늄 部品別 使用量을 보여 주고 있다.

알루미늄鑄物(다이캐스트)에 있어서 自動車의 使用量 中에서 鑄物關係 部品이 차지하고 있는 比重은 日本이 93.8%, 美國은 64.4%이다. 이와같이 日本에서 鑄物의 依存度가 높은것은 코스트가 낮고,

〈表 2〉 알루미늄 部品別 使用量 試算

엔진關係	18.8 kg	실린더 헤드	9.3 kg	鑄物
		피스톤	1.8	"
		인테크매니홀드	2.2	"
		실린더 헤드커버	2.1	다이캐스트
		타이밍기어케이스커버	1.3	"
		카브레이터 보더부품	0.5	"
		연료펌프보더	0.4	"
		오일 펌프하우징	0.7	"
		수펌프보더	0.5	다이캐스트, 鑄物
트랜스미션關係	15.0 kg	클러치하우징, 기어박스	8.1	다이캐스트
		오토매틱컴포넌트	4.1	"
		트랜스미션, 익스텐션	2.8	다이캐스트, 鑄物
합 계	33.8 kg			
에어컨關係	9.9 kg			다이캐스트, 板
호 일	30.0 kg			다이캐스트, 鑄物
총 계	73.7 kg			

資料 ; 日本輕金屬協會

生産성이 높은 알루미늄 다이캐스트法이 歐美보다 현저하게 發展하였기 때문이라 하겠다. 最近 日本에서는 熔湯이 金型에 鑄込될때 空氣를 混入하지 않는 다이캐스트法이 開發되었는데, 代表的인 것이 酸素雰囲気 다이캐스트法, 低速充填法, 高壓鑄造法 등이 있다. 또한 西歐 유럽에서는 日本과 같은 中心의 鑄造法이 進展되고 있다.

앞으로 다이캐스트部品이 要求하는 課題는 複雜한 形狀을 이용하게 製作키 위한 鑄造性의 改善, 치수 精密度, 薄肉化, 여유두께의 減少, 部品의 一體化 등이 있다.

展伸材에 있어서는 알루미늄 使用量 中에서의 比重은 日本이 9.4%, 美國이 35.6%로 鑄物에 비해 使用比率이 낮다.

展伸材는 알루미늄合金板이 高價이고 成形性이 低下하며 接合, 塗裝, 電蝕의 問題點등이 남아 있기 때문이다.

美國은 展伸材의 開發이 가장 活潑하여 熱交換器 部品, 엔진系의 鍛造品, 車體外板의 알루미늄화가 실현

되었고, 自動車 會社는 알루미늄 會社와 함께 적극적으로 研究와 應用開發을 推進하고 있다.

다. 플라스틱

플라스틱은 比重이 알루미늄의 1/1.5~1/3 이므로 輕量化 效果가 큰 材料이다. 同種의 鋼製品에 비해 35~50%의 重量輕減이 可能하며 加工性이 優秀하고 耐蝕性이 良好하다. 또 알루미늄에 대해서는 單位重量當 製造를 위한 所要에너지가 절반 정도밖에 안되고 있다.

그러나 플라스틱은 鋼板에 비해 重量當 3~5배에 達하는 材料費가 들게되어 플라스틱 使用에 따른 重量輕減을 감안해도 1.5~2배의 原價上昇 要因이 發生되며 既存의 金屬成型機로는 生産이 곤란하기 때문에 追加 投資가 所要되고 있다. 또 材料의 硬化時間을 要하기 때문에 鋼板보다 生産성이 낮고 接合強度가 낮은 短點을 가지고 있다.

플라스틱이 自動車에 適用하는 例는 장식部品으로서 Front Grill, Garnish Bumper, Piller, Bumper Corner 등이 있으며 외관 部品에는 Front, Rear

End Panel, Bumper 등이 있다. 今後의 傾向을 보면 生産性 및 物性이 改良되어 Hood, Lid, Bumper Panel 등 廣範圍하게 利用될 것으로 展望되고 있다. 그리고 最近에는 폴리아미드, 폴리아세탈, 變性 폴리에틸렌옥사이드 등의 엔지니어링 플라스틱을 使用하여 機能部品과 外板部品으로서 開發이 進展되고 있다.

強靱性 및 耐衝擊性 등의 特性을 갖게되어 이의 使用 展望은 밝다고 하겠다.

<表 3>은 乘用車 1台當 플라스틱 使用의 豫測을 보여주고 있다.

더우기 金屬材料와 代替材料로 利用할수 있는 엔지니어링 플라스틱은 高強度, 鋼性, 耐熱性과 耐蝕性,

<表 3> 乘用車 1臺當 플라스틱使用의 豫測

樹 脂	增 加 率 (%)		主 對 象 部 品
	1980 ~ 85	1985 ~ 90	
폴리우레탄 / RIM	13.7	17.6	PRIM 페더, PRIM 도어
폴리프로필렌 (PP)	1.6	10.3	범퍼, 에어컨하우징
不飽和폴리에스테르 (FRP)	26.6	26.0	후드, 휠, 도어셀
ABS (스틸렌系)	△42.1	△12.7	
폴리에틸렌 (PE)	40.1	44.8	가스탱크, 시트백
P V C	△ 9.5	△ 6.1	
나 일 론	10.4	△ 1.2	오일팬
合 成 纖 維	△16.0	△ 6.3	
페 늘	△ 3.5	△ 0.8	
폴리카보넛 (PC)	62.5	17.9	유리代替, 범퍼
아 크 릴	3.3	△ 6.5	
노 릴 (PPO系)	116.6	18.2	인스트패널
폴 리 아 세 탈	27.3	0	윈도우 하드웨어
熱可墊性폴리에스테르 (PBT/BET)	13.6	△24.0	
樹 脂 合 計	2.5	10.1	
	(年平均0.5)	(生平均2)	

자료 ; 自工技術情報

라. 마그네슘

마그네슘의 比重은 알루미늄의 2/3 정도로 실용合金 중에서 가장 輕量의 金屬材料로서 有望하다. 切削性이나 加工性은 알루미늄보다 優秀하나 現在의 價格은 알루미늄의 2배에 달하고 耐蝕性에 問題가 있어 거의 使用되고 있지 않다. 그러나 알루미늄 價格이 急上昇하기 때문에 輕量材料로 마그네슘이 주목받고 있다.

앞으로 마그네슘이 使用된다면 알루미늄과 같은 加

工方法인 다이캐스트로서 適用 될것이며 資源만 擴大된다면 自動車에 대한 使用量이 增大될 可能性이 있다. 長期的인 觀點으로 보아 自動車 材料로 널리 使用되기 위해서는 보다 優秀한 特性을 갖는 마그네슘合金의 開發, 材料 特性에 따른 部品の 設計, 安全하고 效率이 높은 生産技術의 確立등 많은 課題가 남아 있다.

<表 4>은 마그네슘合金화가 可能한 部品을 보여주고 있다.

〈表 4〉 마그네슘 합금화가 가능한 부품*

	輕 量 化	코 스투
Fuel Pump Body	△	◎
Cam Shaft Bearing Cap	△	◎
Oid Seal Retainer	△	◎
Distributor Housing	△	◎
Steering Rock Housing	△	◎
Cylinder Head Cover	○	◎
Clutch Housing	○	○
Transmission Case	○	○
Transaxle Housing	◎	○

資料 ; 前揭書

註 ; 輕量化 (◎ ; 1 kg / 台 이상, ○ ; 0.5 kg / 台 이상, △ ; 0.5 kg / 台 이하) 코스트 (◎ ; 변하지 않음. ○ ; 10 % 이상)

* 은 Mg 합금과 Al 합금의 地金價格比를 1.5 로 하여 추정하였음.

4. 結 論

지금까지 주로 自動車의 燃費向上에 따른 輕量化를 위한 素材轉換에 대하여 概觀적으로 살펴 보았다. 앞으로 鑄鐵의 改良과 알루미늄合金 開發 등 新素材의 開發에 도움을 줄수 있을 것이라고 생각된다.

外國特許抄錄

1. 美特 4,416,862, Al₂O₃ 을 SiCl₄ 로 鹽素化하여 AlCl₃ 와 SiO₂ 를 얻는 方法
2. 美特 4,417,921, 溶接된 stain less 鋼物品
3. 美特 4,404,166, 生成形體에서 binder 를 除去하는 方法
4. 美特 4,417,922 燒結硬質金屬
5. 美特 4,404,023 金屬 혹은 合金粉末을 製造하는 方法
6. 美特 4,403,498 press
7. 美特 4,413,927 鋼의 窒化法
8. 美特 4,421,557 austenite系 stainless.
9. 美特 4,412,871 熱間加工性이 우수한 銅合金의 鑄造法
10. 美特 4,409,019 Cobalt 金屬粉末의 製造方法
11. 美特 4,407,679 高張力 Al-Mg 合金薄板의 製造法 및 그 製品
12. 美特 4,401,477 金屬表面을 razorshoch 處理하며 應力緩和하는 方法
13. 日特公 56-148452, gas 吸込式 stopper
14. 日特公 56-148466 音波 energy 를 工作物에 傳達하는 裝置
15. 日特公 58-25843 鑄型造型裝置
16. 日特公 58-25844 鑄鐵 engine plug 및 그同效物의 製造
17. 美特 4,415,531 半導體材料
18. 美特 4,430,295 過共晶 磷化銅粉體을 含有한 鐵粉成形體에서 製造된 物品
19. 美特 4,398,407 燒結粉末冶金部品の 仕上法
20. 美特 4,313,406 amorphous 金屬處理法

(崔 昌 鉦)