

技術資料

# 자동차용 주조재료와 경량화

김건상, 김종명

## The Recent Trend of Automotive Materials

K. S. Kim and J. M. Kim

### 1. 서 론

자동차는 금세기 중반부터 인류문명생활의 기반을 갖게 되었으며 자동차에 의해 사회는 많은 혜택을 받고 있다. 한편, 자동차도 각시대의 사회적 요구에 따라 발전하여 왔으며, 현재 자동차에 대해 기본적인 안전성, 쾌적성의 증대와 더불어 환경적합성등의 요구에 직면하고 있다. 표 1에는 사회적 요구특성을 나타내었다.

국내에서도 88년이후, 승용차 보유율이 급속히 증가하고 있으며 여성운전자의 증가, 보유기간의 장기화, 레저의 활성화, 개성화욕구 증가에 따라 이의 충족을 위하여 전자화, 자동화, 배기가스정화장치, 엔진출력증대 등으로 자동차의 무게가 증가하고 있으며, 동시에 엔진연비의 향상, 환경개선의 요구도 이루어야 하는 기술적 과제들이

대두되고 있다.

따라서, 자동차 제조업계는 이러한 과제를 해결하기 위하여 연료효율개선, 경량화등의 개발연구에 집중하고 있으며, 이에따라 재료의 구성비도 변화하고 있다. 특히, 그동안 많은 비중을 차지하고 있던 철강의 비중이 감소하고, 알루미늄, 플라스틱등의 재료 구성비가 증가하고 있다. 이에따라, 주철주물의 경우 2000년대에는 80년에 비해 반으로 그 구성비가 감소할 것으로 예측되고 있다.

자동차 부품제조업계는 이러한 동향을 인식하고, 수요자의 요구에 부응하기 위하여는 기존기술의 개선과 새로운 기술개발로 품질을 고급화, 다양화 해야하며, 경금속재료, 복합재료등 새로운 소재와 제조기술개발에도 힘을 기울여야 할 것이다.

표 1. 자동차에의 사용자와 사회적 요구

환 경	안 전	쾌 적 성	Recycle성
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지구온난화방지 - 배출 CO<sub>2</sub> 가스저감 (CAFE규제)</li> <li>○ NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>량 저감</li> <li>○ 배기정화장치 내구성 증대</li> <li>○ 차내·외 소음감소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Active Safety                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ABS</li> <li>- 4WD</li> </ul> </li> <li>○ Passive Safety                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Crushible구조</li> <li>- Air Bag</li> <li>- Auto Seatbelt</li> <li>- Impact Bar</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Easy Drive                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Power Steering</li> <li>- 4WD, 4WS, ABS</li> </ul> </li> <li>○ 자동차                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auto-Mission</li> <li>- Auto-Cruiser</li> <li>- Auto-Lock</li> <li>- Power Window &amp; Mirror</li> </ul> </li> <li>○ 정보통신기능증대-전화, TV 위성항법장치</li> <li>○ 방청성 향상</li> <li>○ 진동, 소음저감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐차 Dust 저감</li> <li>○ 폐품 재활용</li> <li>○ 재료식별기호표시</li> <li>○ 재료별 자동 분류기술</li> </ul>

## 2. 자동차재료 구성비 변화와 경량화

### 2.1 자동차 재료의 구성비

자동차에 사용되고 있는 재료로는 차체에 강판, 샤시부품에는 강, 주철, 강판, 엔진에는 주철, 알루미늄, 내장재는 플라스틱등이 주요재료이다. 80년대이후 에너지절약의 사회적 요구에 의해 자동차의 경량화가 적극화 되면서 그소재의 구성비도 점차 변하여 왔으며 현재로 보면, 고장력강판과 플라스틱의 채용의 증가가 뚜렷하고, Bumper는 거의 모두 플라스틱으로 전환되었으며, 엔진부품에는 알루미늄 주물이 많이 채용되고 있다. 표 2에는 자동차에 사용되고 있는 재료의 구성비를 나타낸 것으로 80년에는 79%가 철강재이었으나, 90년에는 70%, 95년대는 66%로 감소할 것으로 추정되고 있다. 여기에서 볼수 있듯이 플라스틱과 알루미늄의 증가가 뚜렷하다. 그러나 최근 플라스틱 재료는 환경문제의 대두로 이전의 예상보다는 그 증가가 크지 않을 것이며, Recycle의 과제해결을 위하여 수지관련업계는 상당한 연구개발을 추진하고 있다. 이와같은 경향은 앞으로도 지속될 것이며 이후, 마그네슘등의 경량재료의 채용도 예상되고 있다.

표 2. 자동차의 재료 구성비의 변화

	1980	1985	1990	1995	2000
강	66.0	59.0	53.0	48.0	42
고 장 력 강	3.0	7.5	10.0	11.0	13
주 철	10.0	8.5	7.5	7.0	6.0
알 루 미 늄	4.0	4.5	5.5	7.0	9
플 라 스 틱	5.0	8.5	10.0	11.0	15
유 리	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5
기 타	12.0	9.0	11.0	13.0	12.5

### 2.2 경량화

최근의 자동차의 경량화 배경은 지구환경문제, 미국 수출에 따른 CAFE규제대응, 선진자동차업체와의 경쟁력 향상이며 이의 대응방안으로는 다음과 같은 것이 있다.

- 1) 엔진의 저연비화-Lean-burn Engine, 2 Cycle Engine 등
- 2) 차체의 효율화-차체의 주행저항감소, 구동저항감소
- 3) 차량의 경량화-경량재료로 대체, 부품 합리화 설계
- 4) 대체연료, 무공해차-알콜, CNG, 전기, 수소자동차

여기에서, 엔진의 저연비화는 기술적 한계로 상당히 어려운 실정이며 차체의 효율화는 그 효과가 그다지 크지 않으며 대체연료 및 무공해차의 개발은 실사용시 그사용 System의 문제등으로 적극추진되고 있기는 하나 대중화는 어려운 실정이다. 무엇보다도, 가장효과적인 방안으로 기대되고 있는 것이 차량의 경량화(엔진의 경량화에 의한 효율향상 포함)로 인식되고 있다.

경량화의 수단을 요약하면 다음 그림과 같다.

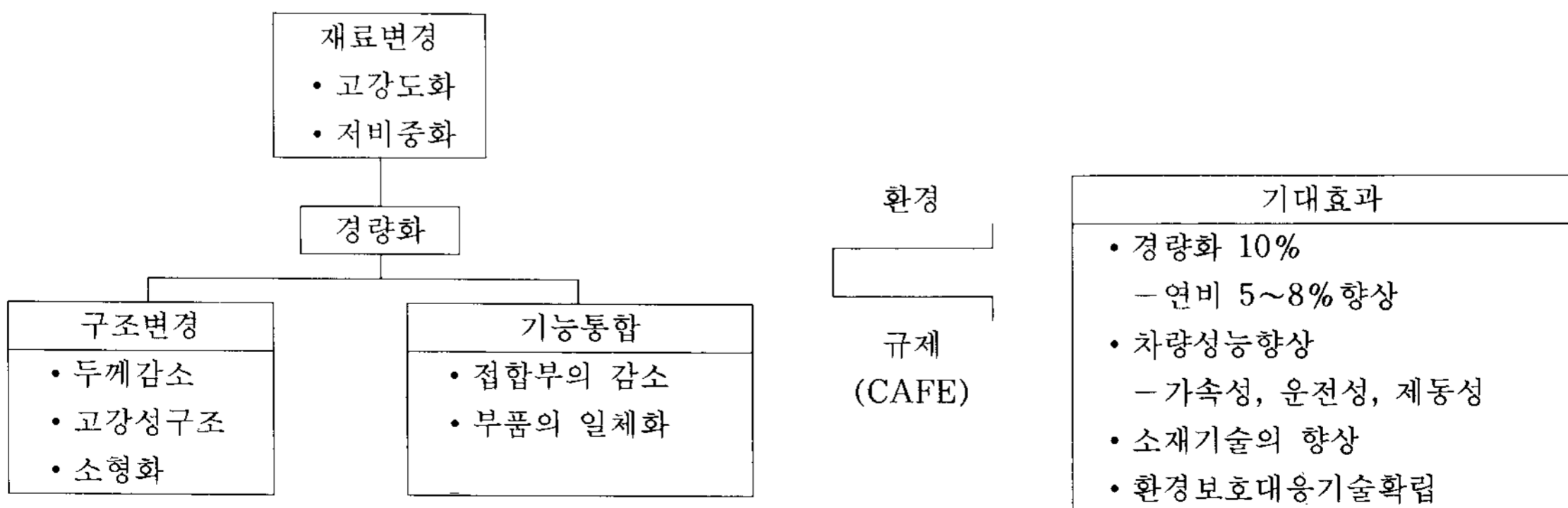


그림 1. 경량화 수단과 기대효과

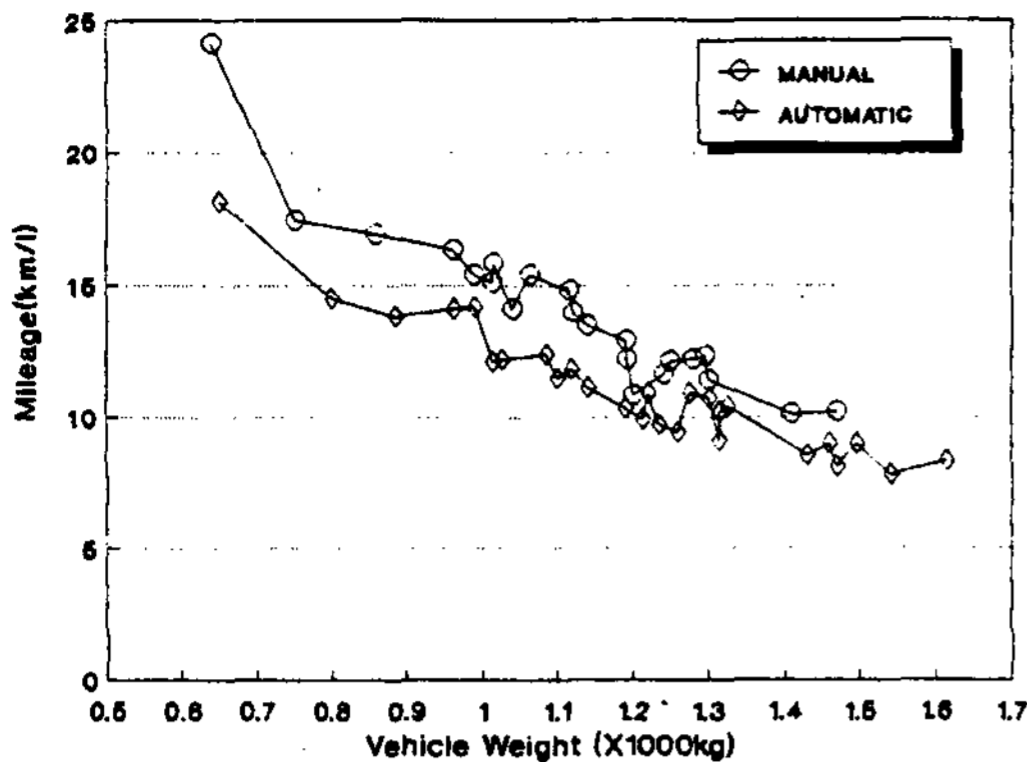


그림 2. 연비와 차량중량(국내 승요차 기준)

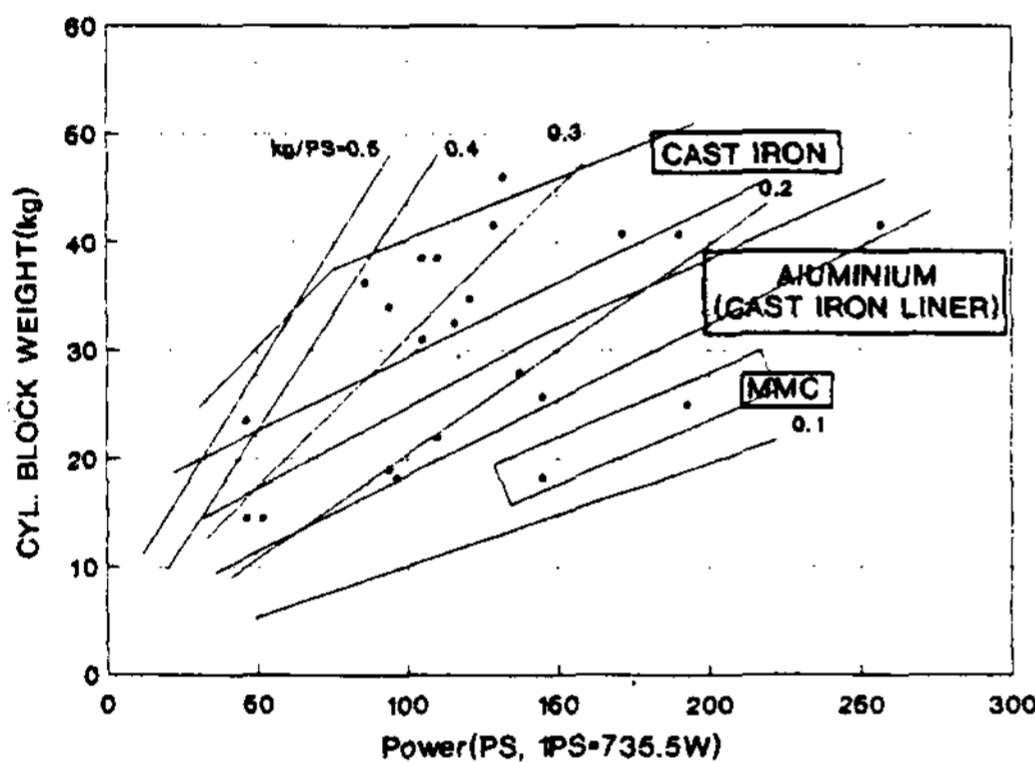


그림 3. Cyl. Block 중량에 대한 출력 비교

그러나, 경량화에 따라 연비향상의 목적은 달성할 수는 있으나 상품성의 저하, 부품 Cost의 증가, 자원, 사회체계의 문제가 있으며, 이의 적절한 판단과 과제해결을 필요로 한다. 항목별로 그 문제점을 보면 다음과 같다.

1) 성능/상품성과의 타협

① 소음, 진동 등의 성능저하 : 경량화와 동시에 구조변경 및 새로운 차음재, 흡음재의 개발 필요

② 극한까지 경량화 추진시 상품성 상실(예 : 경박한 재장) : 상품성과 경량화와의 균형을 가져야 함

2) 주요 Unit에서 본 재료의 요구

① 철강재료는 약 100여년에 걸쳐 Unit의 여러인자를 고려하여 현재에 이룸 : 경량재료 적용시 인자의 새로운 조합필요

② 신중한 경량재료의 선택 : Unit에서 요구되는 재료의 기능을 모두 만족시켜야 함

③ 철계재료와는 다른 설계 및 생산기술의 개발이 필요

3) 재료의 코스트

① 경량화 추진시 가장 큰 장애는 높은 cost

② 경량화에 기인한 Cost Up을 어느정도 허용해야 하는지에 대한 Guideline 설정시급

- 미국 : \$ 2/1b(3200원/kg)

- 일본 : ¥500-1000kg/(3000-6000원/kg)

- 한국 : ?

4) 자원/사회 체계상의 문제

① 경량재료는 높은 Cost외에 소재공급이 안정치 못하고 가격의 편차도 심함 : 자원수급을 원활하고 안정되게 하기위한 범국가적 노력필요

② 산업폐기물이 심각한 사회문제로 대두됨에 따라 자원 재활용 정책이 필요 : 금속경량재료가 플라스틱보다 재활용이 용이하여 각광을 받고 있음

3. 자동차의 생산추이

자동차의 수요는 전세계적으로 증가추세에 있으나 선진국에서는 그세가 미미하며 생산은 거의 정체상태에 있다. 개발도상국에 있어서는 수요와 생산이 증가하고 있으며 그중, 한국의 생산과 수요의 증대가 대표적이라 할수 있고, 아시아, 남미에서도 그 수가 크게 증가하고 있는 경향이다. 그림 4에는 우리나라와 미국, 일본의 자동차 제

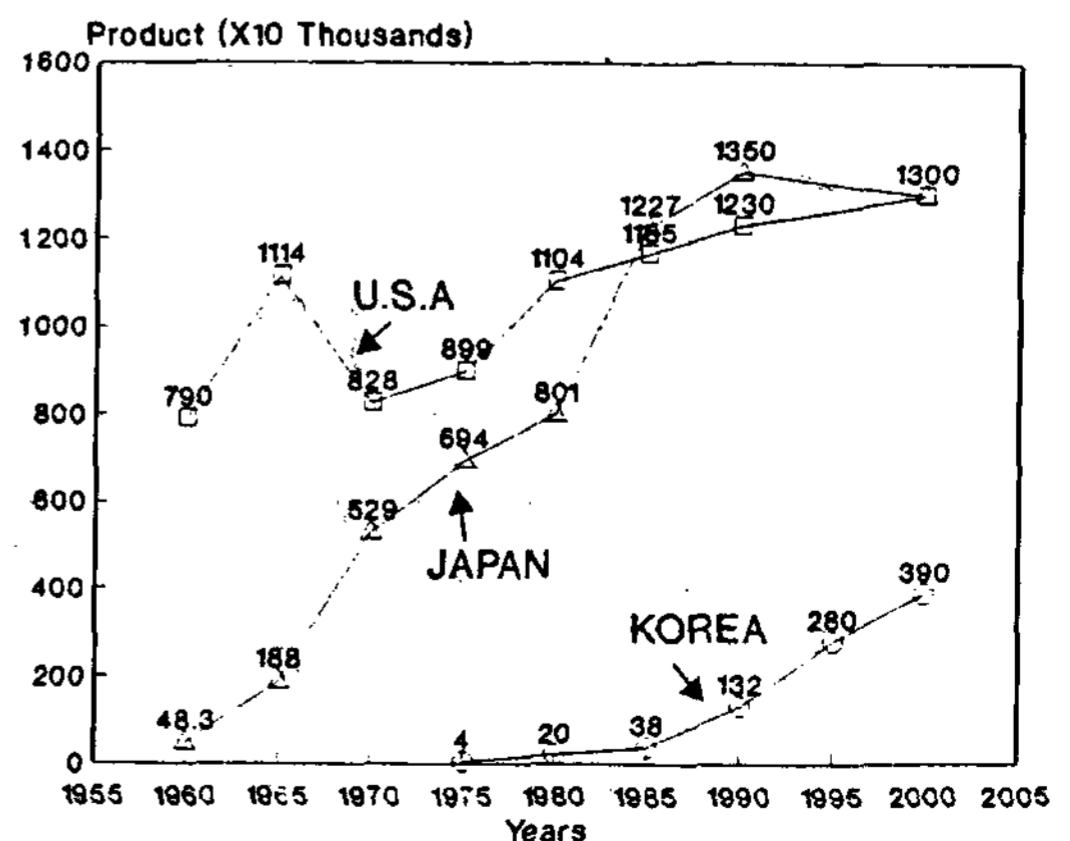


그림 4. 한국, 일본, 미국의 자동차 제조현황

조현황을 나타내었다. 국내에서는 3사를 중심으로 그생산이 계속 증가하고 있으며, 80년에 20만대 정도의 미미한 생산에서 87년이후 급격한 생산과 수요증대가 이루어지고 있어, 92년에는 약 200만대의 생산능력을 확보 하였으며, 금년 생산계획도 200만대에 이르고 있다. 또한 이후의 증설계획으로 보아 96년에는 280만대, 2000년대에는 390만대로 세계 5위의 자동차 공업국으로 부상할 것이다.

#### 4. 자동차 주조재료의 동향

자동차에의 경량화, 고성능화등 다양화 하고 있는것과 관련하여, 재질면에서도 다양화되고 있으며, 이다양화는 Cost Down을 목적으로 한것과 성능향상을 목적으로 한것, 이외 복합적인 것이 있으며 주조품의 재질별로 알아보면 다음과 같다.

##### 4.1 구상흑연주철 (DCI : Ductile Cast Iron)

DCI는 원가절감의 일환으로 가단주철과 강의 단조품으로 부터 전환되어 왔으며 주철중에서도 그의 비율이 높아가고 있다. 그중에서도 최근 Austempered Ductil Iron(ADI)의 개발적용과 연구의 예가 많으며, 상부 베이나이트 조직을 가진 ADI는 강도와 인성의 우수성 때문에 단조품의 대체재로 Crankshaft와 구조용부품에의 적용이 기대되며, 하부베이나이트 조직을 가진 ADI는 강도와 내마모성의 특성으로 Gear류, Cam-

shaft등에 적용되고 있다. 한편, 배기가스저감과 엔진성능향상에 따른 배기온도의 상승에 대응 고온특성이 우수한 고Si DCI의 사용이 증대되고 있다.

##### 4.2 알루미늄 (Al : Aluminum)

Al 주물은 자동차 부품중에서는 경합금재료로 가장 주목받고 있는 재료이고 현재 평균 5%가 사용되고 있으며, Al판재, 압출재, 단조재의 증가도 예견되고 있다. 현재 공법분류상 가장 많이 사용되는 것은 대량생산에 의한 양산효과가 큰 Die Casting재 이며, 고압주조법의 일종인 용탕 단조(Squeeze Casting)재도 주목받고 있다. 이외 진공 Die Cast, 산소분위기 Die Cast(GF법), NDC(New Die Cast)법의 적용 검토되고 있다.

##### 4.3 마그네슘 (Mg : Magnesium)

마그네슘은 비중이 알루미늄의 2/3로 가볍고, 경량 고강도소재로써 주목받고 있으며 화학적으로 대단히 활성적인 금속이므로 주조시 용탕산화 방지와 기계가공시 절삭분의 연소방지대책, 방청 대책등이 필요하고 강성이 낮고 Ingot Cost가 높아 많이 사용되고 있지는 않고 있다.(국내 0%) 그러나, Mg은 강도와 용점이 Al과 거의 같고 주조기술도 거의 기존기술을 유용할 수 있으며 대량생산시 Cost가 적정수준으로 확보될 것으로 기대되어 Steering Wheel, Cyl. Head Cover, Seat Frame등에 많은 연구가 진행되고 있다.

표 3. ADI 부품의 응용예(가능성이 있는것 포함)

엔진 부품	구동 부품	샤시 부품
Crank Shaft	Hypoid, Pinion Gear	Brake Caliper
Conn-Rod	Yoke	Spring Seat
Cam Shaft	Flange류	Wheel, Hub
Valve, Rocker Arm	등속 Joint	Knuckle Arm
Cam follower	각종 Shaft	Knuckle Spindle
Roller	Diff. Case	Alex housing
Engine Brkt.		각종 Arm, Link류

### 5. 자동차 주조품의 현상과 개발동향

표 4. 자동차 부품별 현상과 개발동향

System	부 품	현 사용재	개 발 재	비 고
Engine	Cyl. Head	Diesel-합금주철 + 질화처리 2.4L이하 Al주물일부 Gasoline-Al주물 (저압주물)	소형 Eng.Al주물중형 (2.5L)이상은 현상유지	경량화
	Cyl. Head Cover(Rocker Cover)	Al Die Cast Plastic	Plastic Magnesium Die Cast	경량화, 저소음화 Cost Down
	Cyl. Block	합금주철(일체형) 구상흑연주철 고인주철(Liner)	Al 고압주조 저압주조 용탕단조 MMC Liner(일체형)	경량화(50%)  96년이후 본격화
	Timming Gear Case	Al Die Cast	Plastic Magnesium Die Cast	저소음화 경량화
	Piston (Ring Carrier)	Al(중력) Ni Resist주철	Al(용탕단조) MMC(Diesel)	고기능화(사용온도증가) 경량화
	Crank Shaft	합금주철(합금주철) 탄소, 합금강	ADI 비조질강	경량, 고강성화
	Fly Wheel	합금주철		
Engine	Conn-Rod	강	비조질강 Titanium ADI MMC	저 Cost, 공정단축 경량화 고강성화
	Cam-Shaft	합금주철	ADI 중공소결	고강성, 저소음화 (Bearing Type)
	Damper Pully	회주철	Al(MMC) 용탕단조	경량, 저소음화
	Intake Manifold	Al(저압주조)	Plastic Magnesium	저 Cost경량 흡기구배기능향상
	Exh. Manifold	구상흑연주철 합금주철	SUS주물 SUS Pipe 고 Si, Cr 구상흑연주철	(두께 2-3mm) 경량화 축매기능향상 (배기가스) 엔진출력향상
	Eng. MTG Brkt.	주철 강(용접)	Al 주물 ADI Al 압출재	경량화
Transmis- sion	Mission Case	Al(DC)	Magnesium	경량화
	Shift fork	주철 Al	Al	경량화
Axle	Hub Spindle	단조강, 구상흑연주철, 합금주철	Al(용탕단조) 비조질강	경량화 저Cost

System	부 품	현 사용재	개 발 재	비 고
Brake	Drum, Rotor	합금주철	Al 복합재료	경량화 방열특성 (’96년 이후)
	Caliper	구상흑연주철 회주철	Al주물 (용탕단조?)	경량화
	Cyl. Body	주철, Al	Al	경량화
기 타	Wheel	강관 Al 주물	Al 주물 Al 단조 Magnesium	Al Wheel 지속증대 (경량, Fashion화)
	Steering Wheel	강관	Al Mg	Air bag 적용시 Wheel 대형화 → 진동, 감소

표 5. 국내 자동차사 연구동향(재료분야)

과 제 명	비 고
Al. Cyl. Block 개발 - 저압주조, 고압주조	경량화 50% 목표 '95~'96년 적용
Cyl. Head Cover의 경량화 - Plastic, Magnesium	적용확대추진
비조질강소재 및 부품소재기술 개발 - Hub, Crank Shaft, Conn. Rod	원가절감 공정단순화
Titanium 응용부품개발 - Conn. Rod, In & Exh. Valve 제조기술개발, Valve Spring, Valve Retainer	엔진효율개선
Al 복합재료 응용부품개발 - Piston/샤프트 부품 등 - 용탕단조법, 복합주조법 (Al <sub>2</sub> O <sub>3f</sub> , SiC <sub>p</sub> 강화)	경량, 고기능화
고온 Al분말 합금소재 및 응용부품 개발	경량, 고기능화
경량 Steering Wheel 개발 (Mg, Al)	Air bag 설치에 따른 경량화
ADI(Austempered Cast Iron) 응용부품 및 제조기술 개발	'93 Cam Shaft 적용
유기피막도금 강관개발	차체 방청력 향상
구조부품의 경량화(Al 주조, 단조) - Knuckle, Upper Arm	경량화
Plastic Intake Manifold 개발	경량화
Plastic Fuel Tank 개발	경량, 저 Cost, Design성 향상
FRP Leaf Spring 개발	승합용, 경량화
FRP Propeller Shaft 개발	경량화, 진동소음저감
Plastic Recycle 연구	처리 System, Marking 방법 등
경량 차체 개발 - Aluminum Plate - Plastic	경량화

### 6. 주조부품의 전망과 기대

#### 운 용 방 안

자동차 주조품은 그동안 주요기능 부품으로서의 역할에 많은 기여를 해왔으며 자동차의 생산량의 증가에 따라 그 생산량도 크게 증가하여 왔으나 그동안 사회적 요구와 변화에 따라, 그 수요가 감소하고 있는것이 사실이다. 또한 단조품과 함께 3D(고열, 진동소음, 악취, 중노동)업종으로 기업운영에도 많은 애로가 있다. 그러나 국내의 주물생산량은 70년대 이후 급속한 신장을 해왔으며 90년대에도 국내자동차 생산량의 증가에 의하면, 자동차에서의 주철의 구성비가 감소하더라도 향후 생산량은 지속적으로 증가 될것으로 보인다.

또한, 알루미늄과 마그네슘 주물의 사용이 증대 될 것으로 보아, 전반적으로 자동차 주물품의 사용량의 상당량 증가 할 것이다.

이러한 경향은 주물분야의 기술개발과 적정 Cost의 유지 및 절감이 전제가 된 것이며 주조품의 최대의 Merit의 가격 경쟁력 확보와 품질에 그 사활이 달려 있다 하겠다.

참고로, 일본의 21세기의 주조업 존속조건을 보면 다음과 같다. (일본주물협회)JACT '92)

#### 기술인력 확보방안

- 제일의 독창적 기술과 생산성 확보
- 주 5일 근무
- 임금이 대기업 수준 이상일 것
- 3D을 개선한 공장
- 사회에 기여하는 기업이미지 확보

- 1일 2교대
  - 가동율 90% 이상
- 공장규모의 증대
  - 현재의 3배의 규모와 생산성
- 설비혁신
- 3D에 대응한 공장 Layout
- 정규교육시간 증대

### 7. 결 론

1) 자동차의 총생산량과 수요는 개도국을 중심으로 증가하여 세계적으로 완만한 증가가 예상된다.

2) 국내의 자동차 생산은 지속적으로 증가하여, 2000년에는 금년의 2배인 400만대가 예상되며 따라서, 주철의 수요는 자동차 대당 비율이 감소하여도 지속적으로 증가하고 Al.Mg 주물의 수요도 증가한다. 2000년도에도 철강은 자동차 재료의 주요소재이고, 주조, 단조품은 재료가 바뀌어도 그 공법기술은 활용 될 것이다.

3) 자동차의 경량화는 필연적으로 소재의 구성비는 알루미늄, Plastic의 수요가 가장 증가 할 것이다. 특히 90년말 이후에는 전기자동차, Sport Car의 생산이 이루어져 경량 고급재료의 사용이 예상된다.

4) 자동차의 경량, 고기능화에 대응하기 위한 주물업계로는 가격, 품질경쟁력, 신기술 개발에의 노력이 필요하며 이의 노력여하에 의해, 그 수요도 상당히 영향을 미칠수 있다.

표 6. 국내 자동차 주철품의 생산량 추이

	'75	'80	'89	'94	'97	2000
주철사용비율(%)	13	11	10	7.5	7.0	6.0
생산대수(만대)	2	20	100	200	300	400
주철생산량(만톤)	0.26	2.2	10	15	2.1	24

\* 차량중량1000kg/대 기준-1.5L급

