

자동차용 경량화 재료의 현황과 전망

이 영 훈

The Current Status and the Prospects of the Lightened Materials for Automotive

Y. H. Lee.

1. 서 론

70년대 두차례 오일쇼크로 인한 연료소비를 줄이기 위하여 선진국에서는 연비기준을 설정하여 법률로 제정하거나 또는 간접적인 방법으로 연비규제를 강화하고 있다. 최근 미국의 경우 기업평균연비(Corporate Average Fuel Economy) 규제를 강화하는 법에 의해 96년까지 20%의 연비향상이 되어야 하고 법적규제를 달성하기 위한 수단으로서 경량화가 추진되어 왔으며, 이에 따른 경량화 가능재료의 연구가 새로운 단계의 시기가 되었다고 생각된다.

따라서 본고에서는 선진국들의 자동차에 대한 경량화 가능재료들의 개발동향 및 전망 등을 검토하여 향후 기술개발 추진을 위한 경량화 가능범위를 살펴보기로 하였다.

2. 경량화 가능재료

자동차부품은 세계 오일쇼크 이후 고기능화, 고성능화가 병행하여 소형 경량화가 추진되고 있으며 자동차 재료면에서는 철재재료에서 알루미늄 등의 비철금속, 수지 등의 경량재료로서 전환이 진전되고 있으며 2천년 시점에서 승용차의 평균중량이 850kg으로 89년 시점에 비하여 약 35%의 경량화가 이루어질 전망이다. 또한 재료 전환에서 소재중량은 철이 900kg에서 200kg으로, 알루미늄 합금은 55kg에서 270kg으로, 수지는 115kg에서 220kg으로, 유리는 30kg에서 0kg으로, 마그네슘은 0kg에서 40kg으로 변화될 수 있다고 전망하고 있다.

특히, 자동차용 재료는 철강재료와 비철금속재료에 국한하여 재료별로 경량화 가능비율을 살펴

보기로 하였다.

가. 철강재료

자동차재료중에 철강은 중량적으로 약 85%(89년)를 점유하는 주요재료이며 특히 강판은 자동차중량의 53%를 점유하고 있다. 차체강판의 박육화에 의한 경량화 효과를 얻기위해서 프레스 성형이 우수한 고장력강판의 사용량이 증가되고 있으며, 방청대책으로서 표면처리 강판의 사용량이 증가되고 있다. 강판 다음에 사용 비율이 높은 것은 기계구조용으로 강재로서 엔진, 트랜스미션, 페달 등의 고부하품에 사용되고 내충격성, 내피로성, 내마모성의 인장강도 등에 우수한 품질이 요구된다. 강종으로서는 탄소강, 보론강, 망간강, 크롬강, 망간-크롬강의 크롬-모리부덴강이 주체가 되고 있으며, 최근의 경향으로서는 저합금화에 의한 원가절감, 쾌삭강의 채용에 의한 생산성향상 등이 추진되고 있다.

또한, 소결합금은 자동차 1대당 부품 점수는 약 60점의 소결부품이 조립되고 있는데 소결합금의 특징은 ① 기계에 의한 절삭가공이 생략되고 ② 표면이 평활하여 고정도의 제품을 얻을 수 있다. ③ 고능률로서 다량생산에 적합하여 부품점수가 신장되고 있다. 주철은 주조성이 양호하여 강에 비하여 安價이며, 중량구성비는 승용차의 경우 10~15%를 점유하고 있고 주철중에서도 기계적인 하중의 차이에 따라 회주철과 고강도의 구상흑연주철, 합금주철이 적기에 선택하여 사용되고 있다. 여기에서는 보통강, 특수강, 고장력강, 스텐레스강, 소결합금, 주철 등의 전환에 의한 경량화는 다음과 같다.

1) 보통강

보통강에는 내연강판, 열연강판, 아연도금강판, 봉강, 강관, 고장력강판 등이 있으며 이중 재료전환에 의한 경량화를 지표로서 나타내고 있다. 대표적인 프레스 재료로서 내연강판, 열연강판이 있으며 내연강판은 판두께가 보통 1.6mm 미만이며 판두께 정도와 표면정도가 좋고 기계적성질과 가공성도 양호하여 주로 Body용으로서 사용한다. 또한 열연강판은 통상 판두께 1.2mm 이상의 제조공정에서 기계적성질, 표면성상, 치수정도, 평단도 등이 내연강판에 비하여 열세에 있다.

프레스가공의 최대의 잇점은 박육화를 만들수 있어 각 부품마다 주철에서의 전환이 15~40%의 경량화를 달성할 수 있다.

기타 간접적인 경량화는 보통강재로서 방청강판, 제진(라미네트)강판이 있고 방청강판은 Body 외판, Under Body를 중심으로 사용하고 있으며 부식에 대한 안전율이 유효하여 박판화에 달성하고 있다.

제진강판은 2매의 강판간에 수지를 넣어 적층강판으로서 소음저감용으로 오일팬, 내장계 Body 부품에 채용되며 소음제거 간접적인 경량화에 기여하고 있다.

2) 특수강

특수강에는 탄소강, 합금강, 쾌삭강, 스프링강, 축수강, 스텐레스강 등이 있으며 그중에서 재료전환에 의한 경량화재료는 비조질강, 탄소강, 크롬·바나듐강 등이 있으며 비조질강은 열처리가 안되어 저코스트화와 기계가공 정도가 향상되어 경량화에 달성하고 있다.

3) 고장력강

자동차부품에 사용되는 강재는 내구성강도, 대변형, 충격강도 등이 요구되고 있으며 고장력강(판)은 보통강의 일종으로 인장강도가 35kg/mm² 급 이상의 강판을 갖는다. 이들 강판은 프레스성형은 좋지않으나 ① 항장력은 높게 분산된 박육경량화이며 ② 차체중량을 증가하여 충돌시의 변형저항을 높이며 ③ 비교적 저 Cost이며 ④ 기존의 생산라인을 배가시키는 등의 잇점이 많다.

최근 재료전환에 의한 새로운 고장력강을 사용하는 부위는 Body이며 외판 pannel은 30kg/mm² 급, member류에는 38~45kg/mm² 급, Side door beam에는 150kg/mm² 급, 초고장력강이 채용되고 있어, 사용되는 부위의 요구특성에 맞는 성능을 갖는 고장력강판을 사용한다.

4) 스텐레스강

스텐레스강은 당초 자동차 외관의 미려한 내식성에서 몰딩, Wheel Cover 등 외장재를 중심으로 사용되었다. 70년대 미국의 머스키법에 의한 자동차의 배출가스 규제법이 74년에 성립하여 승용차는 78년부터 본격적인 배기가스 정화가 의무화 됨에 따라 각종 배기가스정화장치용 재료로서 내열스텐레스강이 대량 사용하게 되었다. 최근에는 엔진의 고성능화, 신차보증기간 연장에 내구성 향상과 배기계를 중심으로 사용이 급증하게 되었다. 스텐레스강은 경량화 목적외에도 고온도, 내식성면에서 채용되고 있으며 종래의 재료인 보통강판 주철제 보다 박육화, 소형화가 용이하여 결과적으로 경량화를 달성하고 있다. 스텐레스강이 사용되고 있는 자동차부품 재질은 주로 외장제의 몰딩부위와 Wiper에 SUS430, SUS430LX계의 고순도 Ferrite Stainless강이 사용되고 안테나, Wheel Cover 등에는 SUS340를 중심으로 Austenite Stainless강이 사용되고 촉매 Converter Shell과 배기관에는 SUH409재료와 SUS410L의 11-13Cr계의 Ferrite Stainless강이 대량 사용되고 있다.

이외 피스톤 링구재, Water Hose Band, 금속 Gasket재, Gasoline Injection Nozzle, Turbo Charger 등에 고강도, 경도의 Stainless강이 사용되고 있다.

5) 소결합금

소결합금은 원료의 철분, 동분, 흑연 등을 압축 성형하여 용점 이하의 고온에서 가열하여 금속분말을 결합시키는 것이다.

소결합금의 자동차부품에 적용은 재질과 형상이 광범위하게 선택되며 제품정도가 높아 승용차 1대당 약 100점의 부품을 가지며 중량에서도 약 4kg의 소결합금이 사용되고 있다.

최근 소결부품의 채용이 확대되고 있는 주요인은 타의 제법보다 우수한 생산성과 정도, 재료, 형상의 자유도를 가지는 특징이 있으며, 다른 단조품 정밀주조품에 비하여 사상가공이 적어 Cost가 안정하다. 또한, 소결합금은 주철에 비하여 다공질을 가지고 있어 약간의 경량화가 되고 있다.

6) 주철

주철은 흑연을 함유하는 특색을 가지고 있어 흑연의 형상에 따라 회주철, 구상흑연주철, 합금주철 등으로 분류하며 기계적인 하중의 차이에 따라 값이 싼 회주철과 고강도의 구상흑연주철, 합금주철이 선호되고 있다.

표 1. 철금속의 경량화 현황

부 품 명	변 경 전 의 재 료	변 경 후 의 재 료	평 균 중량(kg)	경 량 화 가능비율
Door Hinge	주 철	보통강	0.4	40%
Cam Shaft	주 철	"	"	"
Timing Pulley	소결합금	"	0.25	30%
대형 Truck용 Drum Brake (브라켓트, 슈)	주 철	"	30.0	15%
Water Pump(Body)	알루미늄합금	"	"	"
Connecting Rod	구조용탄소강	특수강	0.42	19%
Piston Ring (Top Ring, Oil Ring)	주 철	"	0.036	30%
Leap Spring	스프링강	"	24.0	20%
Accel Pedal	강 판	고장력강	2.35	18%
Propeller Shaft	강 판	"	10.0	10%
Steering Wheel	철 강	"	2.3	8%
Rocker Arm	철강, 특수강판	"	1.5	14%
Drum Brake(Brake Plate)	강 판	"	0.9	10%
Wheel	보통강환	"	9.0	6%
Wire식 window Regulator(gear, rail부)	보통강판	"	1.2	20%
Door Hinge	주 철	고장력강	0.38	40%
승용차계 Seat(Frame)	강 판	"	18.0	5%
상용차계 Seat(Frame)	강 판	"	14.0	5%
Seat Belt(Housing)	강 판	"	1.1	16%
Door Lock(구성부품)	강 판	"	-	-
Thermostat	황 등	스텐레스강	0.08	4.8%
Turbo charger(Housing)	구상흑연주철	"	3.5	50%
Exhaust manifold	주 철	"	5.5	30%
Exhaust Pipe	알루미늄강판	"	0.8	26%
Muffler(muffler cover muffler판, valve판)	"	"	6.0	23%
축매 Converter(Case)	주 철	"	5.0	31%
축매단체	Ceramic	"	0.74	66.5%
Wipe arm	탄소강	"	0.3	10%
Valve guide	주 철	소결합금	0.018	18%
Cam shaft	주 철	"	2.2	27%
Cam shaft	탄소강	주 철	3.0	9%

주철이 강과 비교하면 경량 이외에 주조성, 내마모성, 절삭성, 열전도성이 양호하며 저가격을 갖는 특징이 있다.

이와같이 주철은 보통강, 특수강에서 전환됨에 따라 경량화가 이루어져 최근에는 Knuckle Steering 등 차축(Axle) 부품을 사용하는 강의 단조품에서 주철을 사용하는 주조품으로 이행되고 있다(표 1).

나. 비철금속재료

자동차에 사용되고 있는 비철금속에는 전기동, 연지금, 아연지금, 알루미늄, 티탄등에는 경량재료는 현재 알루미늄과 마그네슘, 티탄등의 경금속이 있으며 이들 알루미늄 합금, 마그네슘, 티탄의 전환에 의한 경량화는 다음과 같다.

1) 알루미늄

알루미늄은 비중이 철강의 약 3분의 1이며, 금

표 2. 비철금속의 경량화 현황

부 품 명	변 경 전 의 재 료	변 경 후 의 재 료	평 균 중량(kg)	경 량 화 가능비율
Rocker Arm	주 철	알루미늄합금	0.072	30%
Engine Metal	Kelmat	"	0.02	5%
Oil Pan	내연강판, 아연도금강판	"	3.2	22%
Engine Block	주 철	"	18.0	40%
전자제어연료분사장치용	주 철	"	0.3	50%
Delivery valve	철 Pipe	"	0.3	62.5%
Carburetor	아 연	"	1.8	28%
Oil pump(Body)	주 철	"	1.2	45%
Water pump(Body)	주 철	"	1.1	40%
Radiator(core)	동 동	"	3.9	34%
Inder Cooler (Iner fan body)	동 동	"	2.25	30%
Intake Manifold	강 판	"	3.0	60%
Alternator	철 판	"	3.5	33%
Clutch Master Cylinder(Body)	주 철	"	0.4	7%
Clutch Release Cylinder(Body)	주 철	"	0.4	7%
Shifr Fork	특수강의 단조품, 주조품	알루미늄합금	0.15	68%
Shif Lever(Housing)	강 판	"	1.3	35%
Power Steering pump	주 철	"	1.4	30%
Steering wheel(忽金)	철 강	"	2.2	12%
Uper Arm	특수강	"	1.4	65%
Lower Arm	강판, 특수강	"	2.5	65%
Disc Brake(Caliper)	구상혹연주철	"	3.2	30%
Brake Master Cylinder (Body)	주 철	"	0.55	40%
Brake wheel Cylinder (Body, Piston)	주 철	"	0.3	17%
Wheel	보통강판	"	7.0	25%
Outer Door Handle	아연 Diecast	"	0.1	67%
승용차 계 Seat(frame)	강 판	"	15.0	20%
Bus외 좌석(frame)	베니아	"	25.5	15%
Car - aircon (Heater-core외 fin)	동	알루미늄	19.0	17%
Aircon hose(口金)	진 쇠	"	0.35	20%
Connecting rod	철 탄소강	"	0.27	40%
Wheel pump(Body)	주 철	마그네슘	0.9	55%
Steering Wheel (normal type의 忽金)	철 강	"	2.0	20%
Wheel	알루미늄합금	"	5.6	20%
Turbo charge Inmpeller	"	"	-	30%
Connecting rod	탄소강	티탄합금	0.6	40%
Engine Valve	Martensite계 내열강	티탄합금	0.03	40%
Turbo charge(Rotar)	Ni계 내열합금	티탄합금	-	-
Coil Spring	스프링강	티탄합금	2.8	2.1%
Wheel	알루미늄합금	티탄합금	5.6	20%이상
Brake Disc	주 철	티탄합금	-	-
Valve Spring	스프링용 강선	티탄합금	-	-

속중에는 마그네슘 다음에 경량금속이다. 또한 열전도성은 주철의 약 3배이며 동은 다음에 열전도성이 양호하며, 주철의 4~5배의 절삭성을 지니고 있고 표면에는 자연 산화막이 형성되어 내부식성이 우수하고 또한 용융온도가 낮아 유동성이 양호하여 주조성도 양호하다. 이와같이 알루미늄은 순도가 높으면 강도가 낮아지는 경우가 있으며, 일반적으로 사용부위별 요구성능에 따라 알루미늄 특성을 유지하는 제품 품질강도를 높이는데 목적으로 마그네슘, 크롬, 규소 등 각종 금속을 첨가시켜 알루미늄 합금으로서 사용한다. 제조법으로는 일반적으로 Body, Case류 등의 부품에 대해서는 Cost가 낮고 생산성이 높은 파이프래저 Diecast가 열처리의 필요한 기능부품에서는 저압 주조와 금형주조가 주류를 차지하고 있다. 또한 최근에는 Suspension부품을 중심으로 강도·내식성의 면에서 단조를, 복잡한 형상과 신뢰성의 면에서 용탕단조를 채용하기 시작하였다. 일반적으로 강과 주철에서 알루미늄 합금 재료전환을 실시하면 경량화의 메리트가 크기 때문에 Costup을 수용하지 않으면 안된다. 고급차와 스포츠카를 예를 들어 비교하면 고가인 차에 알루미늄 합금화가 선행되고 있다.

최근의 알루미늄 합금에 따라 엔진부품 등에 알루미늄 제조물부품의 채용량이 증가되고 있으며 또한 고품질화, 고강도화, 고정도화, 복잡형상화, 저코스트화 등의 요구를 만족할 만한 제조법의 개발, 실용화가 필요하다.

2) 마그네슘

마그네슘 경량(비중 1.80, 알루미늄의 2/3, 철, 아연의 1/4), 단위중량당에서 강도가 실용금속에 서 최대가 되며, 치수안전성, 기계가동성, 진동흡수성이 우수하다. 또한 Die Cast용으로서도 철재료와 반응이 좋지않으며 Pot Chamber 방식이 가능하여 금형수명이 길고 응고잠열이 작기 때문에 Shot Cycle이 짧아 생산성이 높다. 마그네슘은 자동차부품용으로서의 응력부식에서 설계상의 제약, 그룹별 강도부족, Recycle 기술등이 크게 문제가 되고 있다. 금후 자동차와 용도 확대를 위해서는 많은 연구과제가 남아있어 첫번째 Creep 강도의 우수한 마그네슘합금이 개발, 두번째 내식성이 우수한 마그네슘합금의 개발과 기타 표면처리방법의 확립, 세번째 알루미늄과 비교하여 가격우위성을 갖는 마그네슘지금제조 방법의 확립, 네

번째 공의 안정화, 다섯번째 Scrap 의 이용에 의한 Cost의 저감 등이 필요하다.

마그네슘은 Clutch Housing, Pedal Support, Rocker Arm Cover, Shift Handl, Wheel 등이 채용되고 또한 Front Cover, Valve Rock arm cover, oil pan 등이 채용되어지고 있다. 따라서 95년 경에는 자동차 1대당 마그네슘 사용량은 약 5kg, 2천년대 가서는 약 40kg이 소요될 것으로 예상되고 있다.

3) 티탄늄

티탄늄은 경량재료로서 강도, 내열성, 내식성이 우수하며 현재 항공기에서 광범위하게 사용되고 있는 티탄합금은 알루미늄 6%, 바나지움 4%를 함유한 6-4합금으로 칭하고 있으며 비중이 철의 60%로서 가벼우며, 내식성은 Stainless강을 상회하고 내열성과 강도는 純티탄늄보다 높게 되어있다.

티탄늄합금의 최대용도는 항공기의 엔진주변의 부품에 사용되며, 자동차에 대한 적용은 일본이 '90년경에 NSX의 콘넥팅로드(Connecting)에 채용하기 시작하였다. 따라서 현재 티탄늄합금은 알루미늄보다 경량화된 강도, 내열성이 우수하나 결점이 되고 있는 가공성의 악화를 극복하여 엔진부품재료로서 주목을 받고 있다. 이중 티탄늄製 加工의 난이등으로 개선할 과제로 남아있다<표 2>.

3. 결 론

90년대에와서 지구환경오염에 따른 지구온난화, 오존층 파괴 등으로 자동차연비향상을 위한 선진국에서 더욱 강화되고 있어 2000년대에 대비하여 자동차부품의 경량화를 위한 기존의 철강재료 및 비철재료에서 경량화 가능비율을 연구하여 경량화에 대한 기술개발을 적극 추진하여 연비향상 및 수출경쟁력 강화에 가일층 노력해 나가야 하겠다.

참 고 문 헌

1. 自動車用 輕量材料의 動向과 開發方向 1980. 6. 산업기술정보원
2. 自動車用 輕量化材料의 動向 主조 Vol.5. No. 2 1985
3. 自動車用 輕量化 現況과 장래예측 1991.4