

금속·세라믹스·플라스틱재료 등

자동차를 움직이는 신소재

New Materials for Automobiles

21세기를 대비한 세계 모든 자동차선진국들의 가장 중요한 목표는 가볍고 안락하고 안전하면서도 높은 연료효율과 함께 환경오염이 적고 경제적인 자동차 개발이다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 무엇보다도 용도에 맞고 새로운 고기능신소재로 만들어진 첨단부품의 개발이 요구되고 있다.

2000년대에 들어서면 우리나라의 인구는 4천 7백만명으로 증가하고 국민소득도 1만6천달러로 높아지면서 아울러 교통환경에서도 선진국과 같이 자동차 보유가 최소한 1가구당 1대를 기록하게 된다. 특히 각종 자동차중에서도 승용차의 보급이 크게 늘어나 인구 1천명당 승용차수가 1990년에 44대였던 것이 2000년대에 들어서면 1백46대로 증가하게 된다.

이러한 양적인 팽창과 함께 국산 자동차의 질적 수준의 향상은 우리나라 자동차산업이 세계 수준의 자동차산업국으로 발돋움하는데 반드시 해결해야 할 최우선 과제이다.

이와 관련해서 에너지자원과 지구환경을 고려한 새로운 개념의 자동차개발은 21세기를 대비하는 최근 세계 자동차산업국들의 개발추세이다. <그림1>에서 보는 바와 같이 가볍고 안락하고 안전하면서도 높은 연료효율과 함께 환경오염이 적고 경제적인 자동차개발은 세계 모든 자동차선진국들의 가장 중요한 목표가 되고 있다.

또한 이러한 목표를 달성하기 위해서는 무엇보다도 용도에 알맞는 새로운 고기능 신소재로 만들어진 첨단부품의 개발이 선행되어야 한다. <그림2>에서 알 수 있는 바와 같이 자동차는 금속에서 종이·고무·나무에 이르기까지 지구상에 존재하는 모든 종류의 재료로 만들어진 종합

결정체이다.

최근에는 세계 각국에서 배기가스 규제를 엄격화함에 따라 환경공해를 적게 일으키고 연비효율이 높은 승용차를 개발해야 한다는 인식이 자동차용 신소재 개발에 대한 또 하나의 강력한 동기를 불어넣고 있다.

이러한 세계 선진국들의 공통인식들 때문에 공해없는 자동차의 개발노력과 병행해서 기존 자동차의 연비효율을 높이는 연구가 활발히 진행되고 있다. 재미있는 점은 이상의 모든 노력들이 서로 만나게 되는 점이 바로 신소재개발이라는 목표이다. 이에 대한 한 예로 최근 세계 선진자동차회사들은 슈퍼카 개발에 치열한 경쟁을 벌이고 있다. <그림3>은 94년 탄생한 맥라렌 F1이라는 슈퍼카로서 최고 시속 3백72km를 기록한 최첨단 기술과 각종 첨단 신소재의 결정체이다. 여기에서는 금속, 세라믹스, 플라스틱재료 등을 총망라하는 자동차용 핵심 신소재를 자동차구조와 기능별로 나누어 대표적인 재료를 중심으로 소개한다.

가볍고 강한 신금속재료

자동차의 구조는 크게 나누어 엔진, 변속장치, 샤프트(프레임, 브레이크, 현가장치), 차체(외장, 내장) 그리고 전장품으로 구성되어 있다

(전체구성은 <그림1, 4> 참조). 여기에 사용되는 재료의 대부분이 금속재료로 이루어졌다고 해도 과언이 아니다. 물론 연비효율을 높이고 차체를 가볍게하기 위해 세라믹이나 플라스틱재료로 대체되고는 있으나 근본적으로 금속재료가 지닌 높은 강도와 인성때문에 최근 가벼우면서도 강도높은 새로운 금속재료들이 개발되고 있어 자동차 재료에서 금속이 차지하는 비중은 계속 왕자의 자리를 고수할 것이다.

새로운 철강재료

현재 자동차재료로 가장 많이 사용되고 있는 재료로는 철강재료를 손꼽을 수 있다. 물론 일부 부품에 대하여 플라스틱이나 다른 금속재료로 대체되고 있지만 여전히 자동차 전체의 70% 이상을 철강재료가 차지하고 있는데 이것은 철강자원이 풍부해 오랜기간동안 사용가능한 자원이었고 자원재활용, 싼 가격 그리고 철강에 관한 축적된 풍부한 경험과 기술 등이 다른 재료에 비해, 월등히 우수하기 때문이다.

또한 자동차 충격시 에너지를 잘 흡수하고 대량생산이 쉬운데다가 복잡한 모양으로 가공이 용이하기 때문에 생산기술과 고성능 소재의 개발에 대한 지속적인 노력이 뒷받침된

다면 철강재료는 당분간 자동차재료에서 다른 소재에게 선두자리를 뺏기지 않을 것이다.

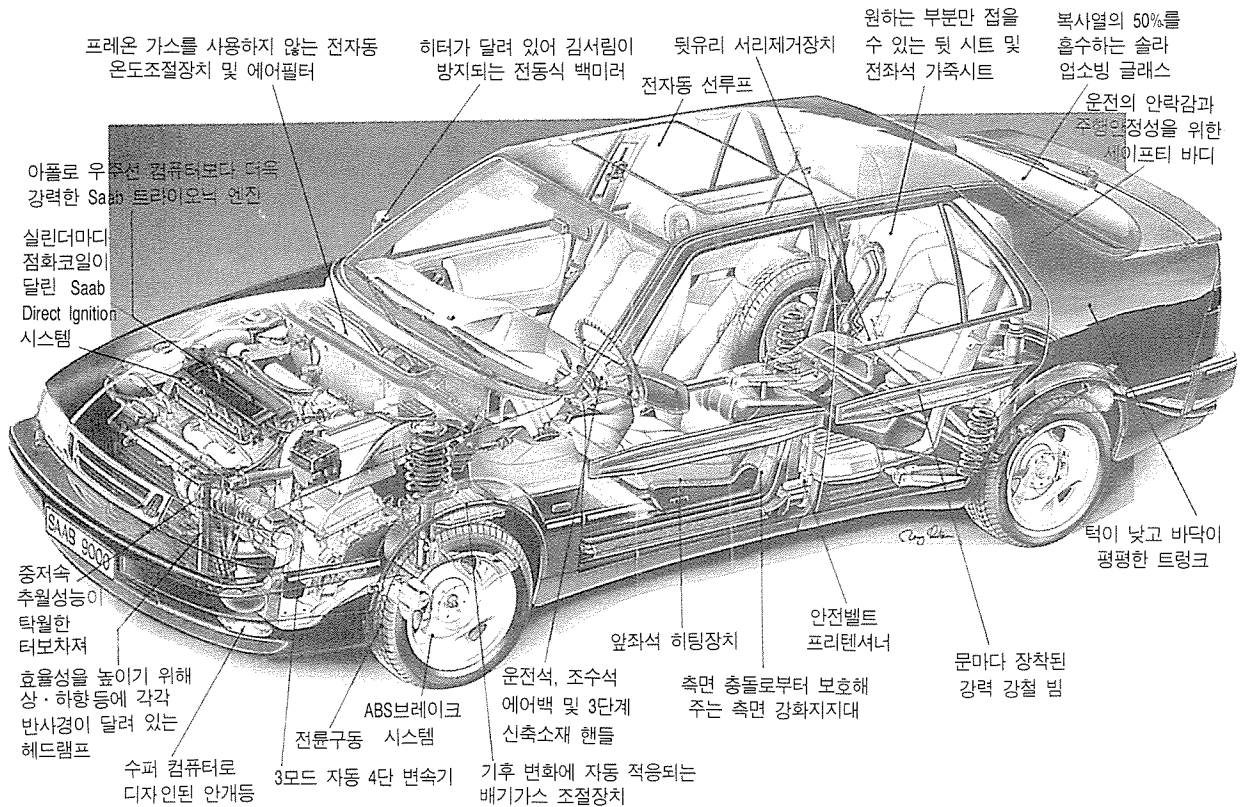
■ 자동차의 얼굴 - 차체강판

일반적으로 구동장치(엔진기계부)를 제외한 자동차 구조부분을 차체라 하는데 이 차체는 대형차를 제외한 승용차를 보면 프레임과 보디가 하나로 되어 있는 경우가 많다. 차체는 일반적으로 금형으로 프레스한 3백개 이상의 얇은 강판(두께 1mm 미만의 탄소함량 0.1% 미만의 저탄소강) 가공품을 3천점 정도의 스폿 용접과 수십개소의 아크 용접과 브레이징 그리고 볼트조임 등을 통한 기계적 결합에 의해 그 전체 모습을 드러낸다.

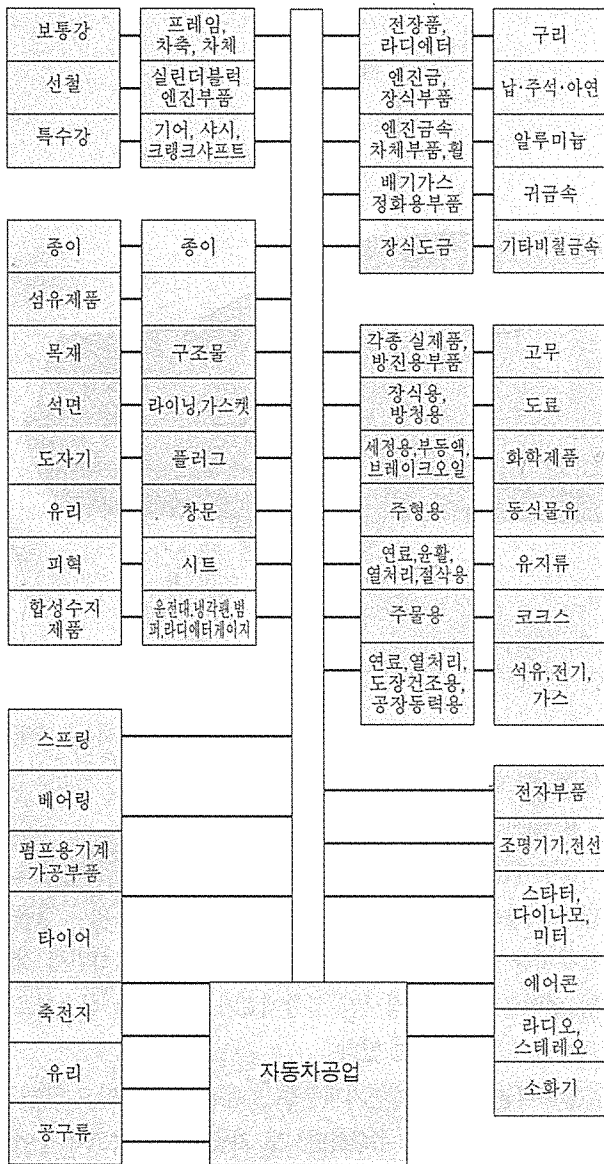
<그림5>는 스포트 로봇 자동용접장치에 의해 차체강판이 결합되는 과정을 보여주고 있다. 이러한 차체는 설계자의 생각대로 모양이 좋게 만들 수 있어야 하고 기계제품의 배치에 필요한 공간을 확보하도록 치수의 정확도와 함께 외부로부터 가해지는 충격과 진동을 흡수할 수 있어야 한다. 그 외에도 재활용성이 좋고 각종 부식환경에 대한 저항도 우수해야 한다.

최근에 개발되는 차체강판재료는 거울면과 같은 미려하고 평탄한 도장면을 갖도록 레이저 가공된 강판이나 심한 곡면가

<그림1> 첨단기능으로 설계된 SAAB9000모델 자동차의 구조



〈그림2〉 자동차에 사용되는 공업재료



〈그림3〉 신소재의 총아 첨단 슈퍼카 '맥라렌 F1'



머릿자의 약어로서 일반 탄소강에 바니듐이나 니오븀 등 미세한 탄화물을 형성하는 합금원소를 0.1% 정도 소량 첨가하여 강의 충격인성과 강도를 크게 높인 고강도 저합금강 재료이며, 특히 자동차 기계부품소재로 각광을 받고 있다.

종래 이 용도로 사용되는 저합금강소재는 니켈, 크롬 및 몰리브덴과 같은 비싼 금속을 사용하고 또한 높은 충격인성을 얻기 위해 1000°C 부근에서 열처리한 후 급히 냉각시켜 다시 600°C 부근에서 가열하는 복잡한 열처리과정을 거치는 합금강소재로서 경제적으로도 불리한 단점을 갖고 있다.

이에 비해 HSLA강은 미량의 합금원소를 사용할 뿐만 아니라 부가적으로 행해지는 복잡한 열처리과정을 생략할 수 있어 경제적으로도 크게 유리하다. HSLA강을 사용한 기계부품의 한 예로 크랭크축을 연결하는 연결봉(코넥팅로드)을 들 수 있다.

그러나 초기(1970년대)에 개발된 HSLA강은 충격인성이 다소 나빠서 이에 대한 개선방안으로 탄소함량을 0.1~0.3%로 낮추고 티타늄과 몰리브덴을 소량 첨가하여 미세구조를 조절한 제2세대 HSLA강이 개발되었다. 제3세대 HSLA강은 고온에서 단조한 후 급냉하여 강도가 높은 치밀한 마르텐사이트라고 하는 조직을 갖게 한 재료이다. 이러한 새로운 HSLA강은 특히 심하게 가해지는 주기적인 부하상태에서 일어나는 재료의 피로현상에 대한 저항이 뛰어나기 때문에 전술한 연결봉 외에도 캠샤프트, 자동차 조향장치부품과 기어부품소재로 많이 이용되고 있다(사용위치는 〈그림4〉 참조).

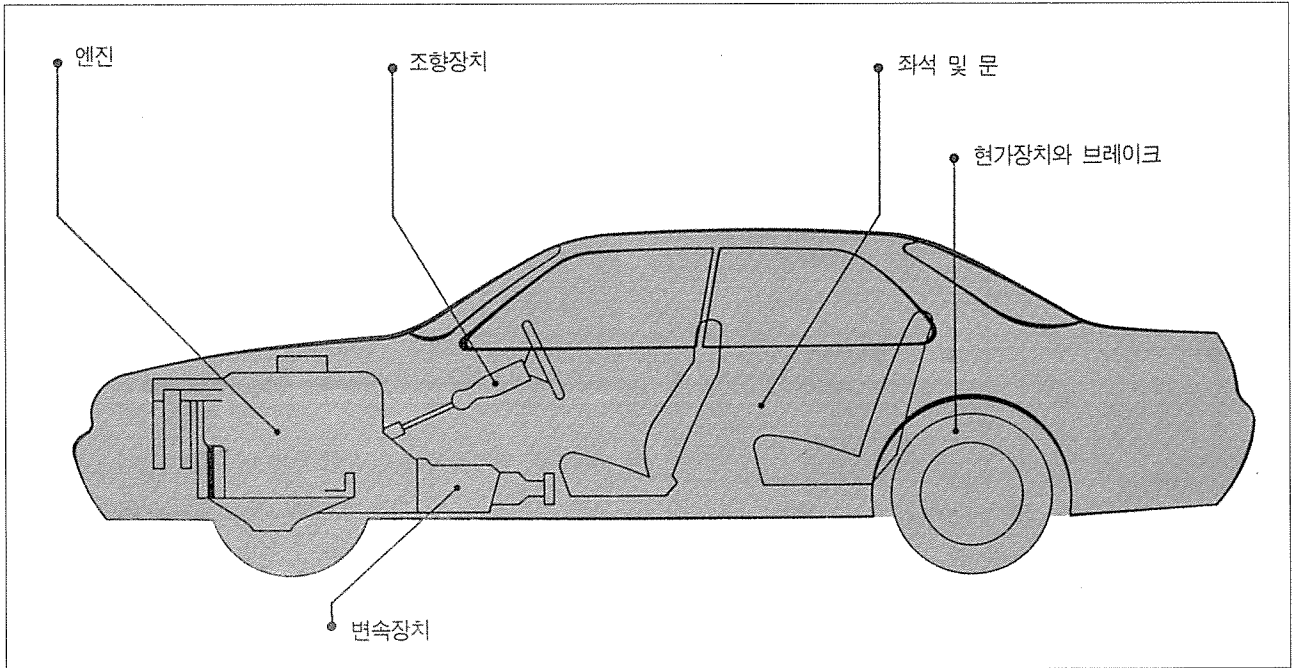
이상의 기계부품용 철강재료는 철강금속의 비중이 물보다 약 8배로 높기 때문에 경량화보다는 성능향상과 생산성향상의 개발에 초점을 두고 있다. 이러한 노력의 일환으로 분말 야금기술에 의하여 자동차 부품 제조방법이 엔진부품을 중

공을 할 수 있는 강판 또는 내식성이 뛰어난 전기도금 강판 등이 개발되어 신소재 차체강판재료로 각광을 받고 있다. 또한 예로 1970년대 초에 개발된 진크로메탈(Zincrometal) 코팅이라고 하는 복합도금법은 아연금속입자를 함유하고 있는 아연산화물 - 크롬산화물층 위에 아연함량이 높은 에폭시수지를 도포하는 기술로, 새로운 아연도금강판의 생산기술로 크게 주목을 받고 있다.

기계부품으로의 고강도 저합금강(HSLA강)

HSLA강은 영문으로 High Strength Low Alloy steel의

〈그림4〉 분말아금 소결제품이 적용되는 자동차부품



심으로 개발, 제조되고 있다.

철강에 도전하는 알루미늄 합금

알루미늄 합금은 비중이 철의 35%에 불과하고 기계적 성질이 매우 우수하여 일찍이 항공기를 비롯한 수송기계의 경량구조재료로 가장 널리 사용되어 왔다. 특히 재료의 재활용률이 90% 이상 되어 환경정화에도 크게 기여하고 있다.

자동차에 알루미늄 합금을 처음으로 사용한 것은 1923년 포드사에서 차체 판넬로 채택한 것이며 그 후 독일의 BMW나 벤츠 등이 문·후드·트렁크 등 차체의 대부분을 알루미늄으로 사용하였으나 가격이 비싸 일부 고급 차종을 중심으로 제한적으로 사용되었다.

그 후 1973년의 석유위기 후 에너지 절약 및 연비향상과 안전·배기가스·소음규제 등의 대책으로 차체 무게를 줄이기 위해서 알루미늄의 사용이 활발하게 검토되어 왔다. 일례로 일본 혼다자동차에서는 NSX 스포츠카를 100% 알루미늄 차체로 제작하여 양산하고 있다. 차체 판넬용으로 개발된 재료는 알루미늄에 소량의 구리(2xxx계열), 마그네슘(4xxx계열) 및 마그네슘과 실리콘을 첨가한 6xxx계열 등의 재료가 있다. 2xxx계열은 강도가 높지만 내식성이 낮고 5xxx계열은 내식성은 뛰어나지만 가공변형에 문제가 있는데 반해 6xxx합금은 내식성과 성형성·기계적 성질이 우수해서 이

미 스웨덴의 볼보나 미국의 제너럴모터스사에서는 차체의 외장판넬재료로 실용화되고 있다.

■ 엔진부품용 알루미늄 합금

알루미늄 합금은 차체용뿐 아니라 엔진용 부품소재 등으로 많이 이용되고 있다. 특히 탄화규소 섬유나 알루미늄 섬유를 알루미늄 합금과 혼합하여 부품을 더욱 가볍게 하면서 강도와 인성을 크게 향상시킨 복합재료가 차세대의 신소재로서 개발되어 실용화되고 있다.

알루미늄 합금이 엔진기계부품 소재로 각광을 받고 있는 것은 가볍고 내식성이 우수하면서도 가공변형과 주조가 용이할 뿐만 아니라 열전도성이 양호하기 때문이다. 대표적인 사용부품을 들면 에어콘용 공기압축기·베어링·라디에터·밸브·연결봉·피스톤·실린더블럭 등 많은 부품이 있다. 흥미있는 예로서 알루미늄 재료를 가장 많이 채택한 차로는 1백20kg의 알루미늄 합금부품을 사용한 미국의 크라이슬러사에서 제작한 V-10엔진의 예를 들 수 있다. 알루미늄과 탄소단섬유로 강화한 알루미늄 합금 라이너를 사용한 새로운 실린더블럭이 최근 일본 혼다자동차회사에서 개발되어 기존의 재료에 비해 월등히 높은 내마모성질을 얻을 수 있었다.

한편 도요다회사에서는 자사 차종 중 가장 고급 승용차인 렉서스에 스트론튬을 첨가한 알루미늄-실리콘-구리 단조합금의 밸브를 사용하여 연비향상과 소음저하를 크게 향상

시켰다. 알루미늄 합금의 또 다른 특징으로는 구리와 비슷한 높은 열전도도를 가지면서도 구리 합금과 비교해볼 때 1/3의 비중을 갖는 점을 들 수 있다. 따라서 냉각효과를 크게 요구하는 라디에터를 알루미늄으로 대체하려는 시도는 상당히 오래전부터 시도되어 왔으나 소재가격과 제작상의 어려움, 그리고 내식성 때문에 결림들이 되어 왔다.

이러한 문제점은 진공 브레이징법의 개발 및 인산염계 부식억제제의 사용으로 수명이 일반 구리금속 라디에터보다 더욱 길어졌고 무게는 50% 이상 감소되어 포드자동차에서는 알루미늄 라디에터를 생산하고 있다. 한편 기존 알루미늄 합금보다 가볍고 강도가 높아서 차세대 항공기 재료로도 각광받고 있는 알루미늄 - 리튬 합금을 자동차 소재로 응용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 알루미늄 - 리튬 합금의 가격이 아직은 너무 비싸고 자원 재활용에 대한 내용이 충분히 알려져 있지 않아 가까운 시일내에 자동차소재로 이용될지는 미지수이다.

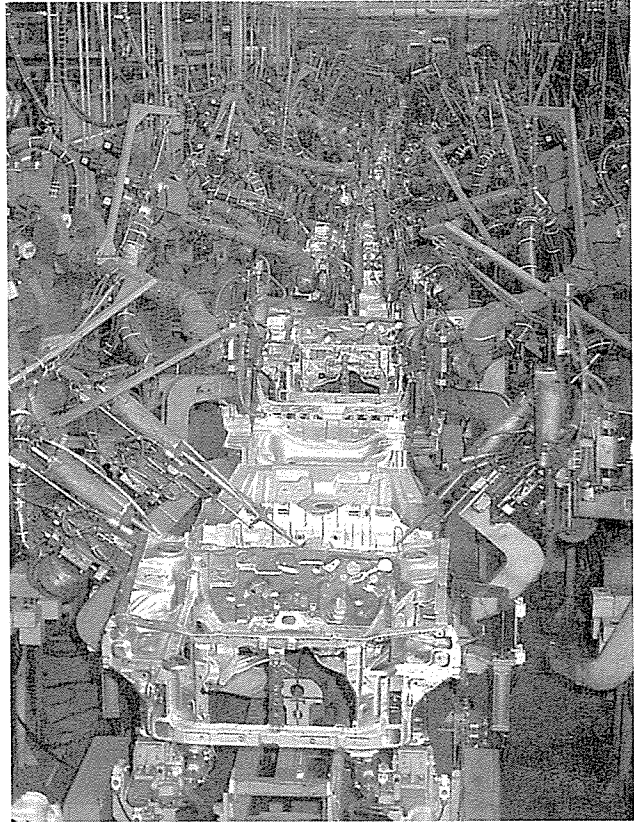
미래의 금속 마그네슘

마그네슘은 비중이 1.8인 가장 가벼운 금속으로 철(비중 7.85)·알루미늄(비중 2.7)에 비해 무게를 현저히 감소시킬 수 있고 상온과 높은 온도에서의 기계적 성질이 우수하기 때문에 엔진부품용 재료로써 유망하다. 또한 마그네슘을 쓸 경우 무게가 크게 낮아져 연료가 절약되며 가속과 감속성능이 좋고 관성이 적은 이점이 있다. 따라서 급회전시 차체가 뒤집어지는 현상이 없어 오래전부터 경주용차에 많이 이용되어 왔으며 최근 자동차의 고급화와 경량화 추세에 따라 마그네슘 금속이 미래의 자동차 재료로 관심을 모으고 있다.

마그네슘 합금을 승용차에 처음으로 사용한 것은 1936년 폭스바겐사의 공냉식 엔진을 장착한 방계모양의 차이다. 그후 최근 포르쉐에서 저압 다이캐스팅법에 의해 마그네슘 합금 휠이 개발 생산되기까지 30여종의 마그네슘 합금이 개발되었다. 마그네슘 사용으로 알루미늄 휠(7.5kg)보다 20% 가벼워졌을 뿐 아니라 공정이 간단해지고 가공시 발생하는 칩의 양이 22%에서 10%로 감소하는 부수적인 효과도 얻어졌다.

최근 독일 벤츠사에서는 신형 차종의 좌석구조물을 수도가 높은 마그네슘 다이캐스트로 제조한 결과, 제조공정이 다른 금속이나 플라스틱 판재에 비해 유리했고 같은 방법으로 제조하는 알루미늄 합금에 비해 강도와 내식성, 성능이 월등히 우수하였다. 현재 미국자동차 1대당 평균 1kg의 마그네슘

〈그림5〉 차체의 스포트 자동용접과정



합금이 사용되고 있으며 그중에서도 일부만이 엔진에 사용되고 있기 때문에 아직은 용도가 많지 않다. 그러나 자동차에 이용되는 마그네슘 다이캐스트 부품사용이 최근 3년간 평균 35%씩 성장하고 있는 만큼, 차체 경량화에 큰 역할을 할 것이다.

현재 엔진부품에는 변속기, 실린더 헤드라이너, 록커암 덮개, 조향부품, 4륜구동 전달부품 케이스 등에 이용되고 있다. 이와 같은 추세에 따라 국내에서도 기존 알루미늄으로 제조하여 사용중인 실린더 헤드 덮개나 변속기 케이스를 마그네슘으로 경량화하는 개발연구가 진행되고 있다. 앞으로 자동차용 마그네슘 합금의 미래는 내식성 개선에 달려있다.

현재 생산되는 마그네슘 합금은 부식이 쉽게 일어나기 때문에 좌석용 등으로 용도가 한정되어 있어 부식에 강한 불순물 함량이 낮은 마그네슘 합금의 개발에 관심이 모아지고 있다. 또한 전술한 알루미늄 - 리튬 합금과 같이 한층 더 가벼운 마그네슘 - 리튬 합금의 개발도 자동차 경량화에 크게 기여할 것으로 예상된다. ①7