

복합재료 자동차의 개발동향

윤 병 일

대전기계창

1. 머리 말

자동차는 항공기와 같이 종합산업으로서 철, 알루미늄, 세라믹스, 유리, 고분자 수지, 고무, 도료, 섬유등의 각종 재료들이 사용되고 있으며, 1만여 이상의 부품으로 구성되어 있다. 오늘날 자동차의 주구조물의 재료는 철이 주류를 이루고 있으나 최근에 이와같은 경향은 변화하고 있다. 차세대의 자동차는 보다 향상된 열효율, 증가된 동력, 그리고 부품의 수명연장을 위해서 경량성이며 각종 환경에 오래 견딜수 있는 재료를 요구하고 있다. 그러면 이와같은 요구를 만족시킬 수 있는 자동차 재료는 무엇이며, 미래의 자동차 개발을 위하여 연구되고 있는 재료는 무엇인가?

1986년 미국의 디트로이트에서 개최된 자동차 전시회에서 세계 유명 자동차 업계의 책임자들이 2천년대의 자동차는 "All Plastic Car"가 될 것이라고 언급 한데서 우리는 해답을 얻을 수 있다. 그들은 플라스틱의 사용량은 년 20%씩 증가할 것이며, 이의 증가 속도 또한 2배 이상 되리라 예측하고 있다. 앞서 언급한 플라스틱이라 함은 범용 및 엔지니어링 플라스틱과 본 급에서 언급하고자 하는 섬유강화플라스틱 (fiber reinforced plastics: FRP) 혹은 고분자계 복합재료 (polymeric composite materials)를 의미한다.

복합재료는 일반적으로 고분자 수지에 섬유를 강화재로하여 물성을 향상시킨 것을 말한다.

복합재료의 본격적 사용은 항공 우주분야로서

최근에는 복합재료의 문제점인 신뢰성의 부족, 제작 기술의 미확립 등이 상당히 개선되어 일차 구조재료로 과감하게 적용을 하고 있다. 그래서 자동차 업체들도 복합재료에 큰 관심을 갖기 시작하였다.

Chrysler 자동차사의 연구에 의하면 복합재료 자동차 제작에 요구되는 시설 비용은 기존 자동차의 그것에 비해서 약 40%, 자본금 투자와 공구 비용은 50% 이하, 그리고 부품의 조립수는 75%까지 줄일수 있다고 한다. 그러므로 앞으로 자동차 재료는 80%(무게중량)가 복합재료와 플라스틱, 그리고 나머지 20%가 금속 구조물로 구성되리라 예측하고 있다.

복합재료의 본격적인 연구를 위하여 '86년에 SME (Society of Manufacturing Engineers)의 복합재료 그룹은 제 1회 AUTOM 회의를 개최하였으며, 그들은 주로 성형공정, 새로운 복합재료의 개발, 집착 및 가공 그리고 품질관리에 대해서 논의를 하였다.

'90년대에 "All Composite Car"를 목표로 연구개발에 집중 투자를 하고있는 선진국에 비하여 우리나라의 현황은 어떠한가? 지난해에 우리나라의 자동차 수는 130만대에 이르고 있으며, 또한 H 자동차사를 선두로 소형 자동차의 수출이 시작되었다. 그러면 앞으로 자동차의 수출이 계속 유지될 것인가는 앞서 언급한 선진국의 새로운 자동차 개발 계획을 고려할때 의문이 아닐수 없다. '70년대와 같이 에너지 위기가 다시 닥쳐 온다면 자동차의 경량화는 대단히 중요한 과제로 등장할 것이다. 일례로 선진국서 복합재

료의 적용, 설계 개선 및 엔진 개발로 제작된 자동차는 우리나라의 자동차보다 2.4 배의 에너지를 절약할 수 있다. 이것은 50 만대의 자동차가 년 2 만 km 주행시에 년 2,500 억원의 에너지 비용을 절약할 수 있는 효과를 가져올 수 있다.

그러므로 우리나라와 같이 에너지 자원이 없는 나라에서는 복합재료를 이용한 경 자동차의 개발이 절실히 요구된다고 본다.

본 글에서는 복합재료의 자동차응용 현황, 복합재료의 개발 현황 및 제작 공정에 대하여 간단히 소개하고자 한다.

2. 응용 현황

'86년 미국의 디트로이트 자동차 전시회에서의 하이лай트는 일본의 Honda CRX(P-Car)에 사용된 복합재료 부품들로서 프론트 팬더, 차체 패널, 공력실, 리어펜데, 프론트 에어 덤 및 후미 스포일러, 불란서 르나의 미니 밴의 부품인, SMC(sheet molding compound)문, 외장패널, 전후 범퍼, 전면 스포일러, 그리고 폴리에스테르성형물인 지붕패널, 포드사의 에스코트에 사용된 전편 구조물(고속 수지 트랜스퍼 성형 기술에 의해 유리섬유/바이닐에스테르 재료로 제작), 그리고 GE 사의 열가소성 복합재료를 이용한 외장 부품들이었지만은 이것은 아직 시작에 불과한 것 들이다.

'78년부터 Ford 와 Chrysler 사는 상당수의 자동차 부품을 탄소섬유 복합재료로 개발하기 위하여 설계, 제작 및 시험 평가를 하였다. Ford 사는 차체, 샤시 및 동력장치 등의 부품들을 최대한 복합재료로 대처하는 프로토타입 자동차는 개발하는 것이었고, 반면에 Chrysler 사는 20 개의 부품을 선정, 개발하는 계획으로 두 자동차사의 개발 개념은 약간 다르다고 할 수 있다.

Ford 사의 경량 자동차 프로젝트인 LCV(Light Weight Concept Vehicle)는 복합재료의 제작상의 문제점을 습득하고, 그리고 최적 설계와 성능개선에 목표를 두고 있다. 그러나 제작 가능성이 나 경제적인 것은 이 프로그램의 목표는 아니었

표 1 LCV 자동차 부품의 중량감소

부 품 명	철(kg)	탄소섬유/에폭시(kg)	중량감소(%)
보 디	209	94.2	55
차 체	128	93.9	27
프론트엔드	43.4	13.3	69
후 드	22.2	7.6	66
데크리드	19.4	6.3	67
범 퍼	55.8	20.1	64
휠	41.6	22.4	46
문	70.5	27.7	61
기 타	23.0	10.3	59

다.

LCV 자동차에서는 약 160 개의 부품을 탄소섬유/에폭시 복합재료로 제작하였다. 이의 무게는 약 272kg 으로 이중 탄소섬유가 182kg 이다. 이 자동차의 총 중량은 1135kg 으로서 '79년 포드의 LTD 모델(6 인승)보다도 563kg(33%)이나 중량이 감소되었다. 표 1에 주요 부품의 중량감소율을 나타낸다.

Ford 사는 최근에 외부 보디패널을 복합재료로 제작하였다. 이것은 기존 철재 패널보다도 30~50%의 중량감소, 부식과 손상저항(damage tolerance)의 증가를 주었을 뿐만 아니라 년 20~30 만대의 자동차 생산시에 30~50%의 공구비를 절약할 수 있다고 그들은 언급하였다. 저렴한 공구 비용은 모델 변경이 용이하다는 장점을 부여하기도 한다. 미국 미시건대학의 자동차 연구 조사에 의하면 현재 보디패널의 사용량은 5% 수준이나 이는 점진적 증가로 2 천년에 가서는 70%까지 도달할 것이라고 예측하고 있다.

Chrysler 사는 20 개의 부품을 선정하여 '78년에 "Poly-Car" 또는 "PXL"라 부르는 자동차를 설계, 제작하였다. 총 중량 감소는 73kg 으로서 이중 탄소섬유 복합재료가 1/3 을 차지하고 있다. 탄소섬유 복합재료는 엔진 부품, 문, 운전대축, 후미 리프스프링에, 그리고 유리섬유 복합재료는 범퍼의 에너지 흡수장치, 그릴패널, 로드휠, 트랜스미션의 보조 크로스멤버, 문의 내부패널, 엔진 냉각 및 오일팬, 트랜스미션 오일팬 등을 제작하는데 각각 사용하였다. 이들

부품을 사용한 자동차에 대하여 3200km 주행시험을 하였으나 문제점은 발생하지 않았다.

이와같은 연구를 통하여 Chrysler 와 Ford 사는 유사한 결론을 내렸다. 탄소섬유를 이용한 복합재료를 사용할 때 큰 문제점은 제작비의 상승과 제작공정이 양산체제에는 적합치 않다는 것이다.

그래서 Chrysler 사는 12만대 이상의 복합재료 자동차를 경제적으로 제작하는 것이 가능한지를 결정하고자 Genesis 프로젝트를 신설하였다. 그들의 주요 개발 목표는 재료특성, 접착 및 결합, 제작방법 및 재료사용성의 4분야이다.

'79년에 Budd 사는 295kg의 중량이 감소된 Van 자동차를 개발 하였는데 특히 프론트엔드를 SMC로 성형하여 부품수를 7개에서 2개로 줄였다.

한편 Polymotor 연구소는 복합재료 엔진(2.3l, 100마력, 4기통)을 개발하였다. 무게는 76.3kg으로 섬유강화재가 18kg, 매트릭스가 27kg, 그리고 금속이 31kg으로 구성되어 있다. 개발된 엔진은 80시간 시험을 통하여 파괴되지 않았으며 또한 이것은 기존 엔진과 비교할때 15% 이상의 동력과 10% 이상의 열효율을 올릴수 있다고 한다. 그러나 새로운 이 엔진이 가까운 장래에 수요가 있으리라고는 기대하지 않으나, Ford와 Polymotor사의 연구는 밝은 전망을 보여주고 있다.

앞에서는 주로 승용차에 대한 복합재료 응용에 한해서 언급하였지만, 사실 복합재료는 경주용 차와 트럭에도 활발하게 적용되고 있다. 경주용 차의 대부분의 구조물은 탄소섬유/에폭시로 제작하고 있는데 이것은 알루미늄 보다 35% 경량화와 스티프네스를 50% 증가시킬 수 있다. 경 트럭에서 가장 성공적인 개발부품은 드라이브 샤프트이다. 필라멘트 와인딩에 의해 제작되는 이것은 10% 탄소섬유, 40~50% 유리섬유, 그리고 40~50% 에폭시 재료로 구성되며, 복합재료 드라이브 샤프트의 장점은 기존 제품에서 요구되는 중앙 베어링과 u-결합을 제거할 수 있는 것이다. Hercules 와 Celanese 는 드라이브 샤프

프트를 개발하였고 McLain-Anderson 사는 자동화된 필라멘트 와인딩 장비를 개발하였다. 또한 금속 스티프너가 없는 SMC 문, 운전실 및 컨테이너 등이 대형트럭에 급속히 적용되고 있다.

3. 복합재료의 개발 현황

고분자를 이용한 최초의 인공 복합재료는 기원전 5천년에 출현하였으나 오늘날의 실질적인 복합재료 시대는 1909년 페놀 복합재료를 선두로, 1940~1950년대의 유리섬유 복합재료, 그리고 1960년대의 탄소섬유와, 1970년대의 아라미드 복합재료의 등장이 이 재료의 역사라 할 수 있다. 이들 복합재료는 경량화가 가장 절실히 요구되는 항공 우주 분야에서 각광을 받고있다. 이것은 섬유강화 복합재료가 대부분의 금속재료에 비하여 높은 비강도와 비강성을 보유함은 물론 피로저항, 손상저항등이 우수하기 때문이다. 이 외에도 금속재료의 결점인 부식성이 복합재료에서는 쉽게 해결 되므로써 자동차 구조물의 수명을 연장할 수 있다.

앞에서도 약간 언급을 하였으나, 복합재료는 2종류 이상의 재료로 구성되어 있으므로, 그 종류와 형태는 다양하다. 자동차에 사용되고 있는 섬유강화재의 종류는 유리섬유, 아라미드섬유와 탄소섬유가 주류를 이루고 있으며 이들의 형태는 하이브리드섬유, SMC, HMC(high strength molding compound), XMC(directionally reinforced molding compound), UMC(unidirectionally molding compound), RRIM(reinforced reaction injection molding compound)등이 있다.

탄소섬유 복합재료는 '86년에 자동차 분야에서 약 91톤이 사용되었다. 이 재료가 우수한 특성을 나타냄은 잘 입증되어 있으나 주요 단점으로는 높은 가격에 있다. 자동차 생산자들에 의하면 고강도 탄소섬유의 가격은 현재 가격의 1/3로 떨어 져야만이 대량 사용이 가능하다고 보고 있다. 이와같은 경제성 때문에 섬유강화재의 단독 사용보다는 2종류 이상의 섬유를 혼성한 하이브리드(hybrid)섬유가 자동차 재료로 가장

표 2 혼성 성형용 판재의 전형적인 물성

재 료 형 태	유리섬유-탄소섬유 wt%		인장강도		인장탄성율		굴곡강도		굴곡탄성율	
			ksi	MPa	10 ⁶ psi	GPa	ksi	MPa	10 ⁶ psi	GPa
방향성 강화성형재 (XMC)	70	0	70	483	...	...	135	931	5	35
	26	35	100	690	...	...	165	1138	13.5	93.1
고강도 성형재 (HMC)	60~65	9	35	241	1.7 ~2.1 3.5	11.7 ~14.5 24	55	379		
	28	30	...	...				
판상 성형재 (SMC)	30	0	12~15	83~103	...	...	24~30	165~207	1.5 ~1.9	10.3 ~13
	0	35	15	103	3.9	27				

유망시 되고 있다. 예를들어 탄소섬유와 유리섬유 2 종류를 혼성한 하이브리드 재료는 가격 절감은 물론 각 섬유의 최대 특성을 이용할 수 있다. 하이브리드 드라이브 샤프트는 좋은 예인데 여기서 탄소섬유는 근본적으로 스티프네스에 필요한 것으로 섬유가 샤프트 축을 따라서 배열되어 있으며, 그리고 유리섬유는 비틀림하중을 위하여 사용하고 있다. 또한 폴리에스테르 매트릭스에 연속 탄소섬유와 유리섬유가 자동차 범퍼 제작을 위해서 혼성되어 사용된다. 대부분의 자동차에 사용되는 탄소섬유 하이브리드는 가격을 최소로 유지하기 위해서 20% 이상의 탄소섬유를 사용하지 않는다. 이외에도 아라미드 섬유도 하이브리드 재료로 사용되는데, 이 섬유는 인장강도를 위해서, 그리고 압축강도를 위해 탄소섬유가 사용된다.

자동차의 대형 제품에 사용되고 있는 재료는 SMC이다. 이것은 매트릭스에 충전제, 촉매(경화개시제), 이형제, 화학증점제 등을 혼합한 것을 매트(mat)형의 유리섬유에 합침시킨 판상 상태의 프레스 성형용 중간 재료이다. SMC는 사용 목적에 따라서 종류가 다양하다. 유리섬유 강화재의 형상 및 배향에 따라서 SMC-R, SMC-C, SMC-D, SMC-C/R, SMC-D/R 및 XMC 등으로 표시한다. 여기서 R은 일정한 길이로 절단한 유리섬유 스트랜드(chopped strand)가 무방향으로 분포된 것을, C는 연속 유리섬유 스트랜드를 일방향으로 배열한 것이고, D는 일반적으로 chopped 스트랜드 보다 길게 절단한 스트랜드를 일방향으로 배열한 것이고, 그리고 C

/R와 D/R은 상기 섬유를 포함한 것이다. 또한 XMC라 함은 연속섬유를 X자 상으로 교차하여 배열한 것을 의미한다. 여기서 SMC-R을 HMC라 부른다. SMC 재료에서도 하이브리드 SMC가 앞으로 지배적인 위치를 차지할 것이다. 단섬유형의 유리섬유 SMC에 연속탄소섬유를 25%(부피)부가할 때에 강도는 4~5 배, 스티프네스는 5~6 배 증가시킨다. 표 2는 혼성 성형용 판재의 물성을 나타낸다.

RRIM 우레탄 고무는 새로운 재료로서 자동차의 중량감소를 위하여 앞으로 5년동안 이의 사용이 급증하리라 본다. RIM 공정에 의해서 제작된 우레탄 고무에 20%의 유리섬유(길이 1.6mm)를 부가하므로써 열팽창계수를 줄이고, 또한 굴곡탄성율을 2 배 이상 증가시킬 수 있다. RRIM 재료는 SMC를 대체하기 위해서 개발된 것이 아니라 보다 낮은 스티프네스가 허락되거나 혹은 바람직한 펜더나 도어패널 제작을 위한 것이다. 그림 1은 RIM 시장 현황을 보여준다.

복합체의 구성체의 하나는 고분자 매트릭스이다. 오늘날 가장 많이 사용되는 것은 에폭시 매

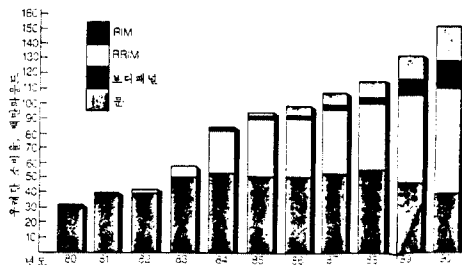


그림 1 자동차 RIM 시장분포추이

트릭스이나 이것은 신속한 경화 사이클과 대량 생산이 요구되는 자동차 산업에서는 적절치 않다. 그래서 최근에 주목을 받고있는 재료가 열가소성계 매트릭스이다. 이것은 열경화성 매트릭스인 에폭시에 비하여 공정이 신속하고 간단하며, 그리고 저렴한 제작비의 이점을 줄 뿐 아니라 파괴인성의 개선 및 화학저항성 등의 특성을 갖고 있다. 열가소성 매트릭스에는 폴리에스테르나일론, 폴리프로필렌, PPS, PBT 등이 있다. 유리섬유(30%)/나일론 6.6(50%) 복합재료는 높은 충격저항성, 고강성, 내마멸성 및 내크리이프성 등의 특성을 나타내는데 이는 카뷰테타 흡입기관에 사용된다. 유리섬유(40%)/폴리프로필렌 복합재료는 충격 및 인장강도를 개선하여 포드 무스탕의 범퍼빔, Corvette 사 자동차의 의자들, 그리고 볼보의 축전지 통에 응용되고 있다. Dow Chemicals 는 온도안정성, 충격성의 향상을 위하여 폴리이소시안에이트, 폴리카본에이트, PPG 사는 폴리아미드, 폴리아미드계의 복합재료를 개발하였다. Ferrai Formula I 엔진 부품에 열가소성 복합재료인 유리섬유/폴리설피론, 탄소섬유/폴리이더이티케톤의 2종류가 사용되었는데 이것은 이 재료의 고온특성, 고강도, 내마멸성, 부식저항성과 더불어 설계의 유연성, 고생산성에 두고 있다.

4. 제작공정 현황

항공기의 구조물 제작에 사용되고 있는 복합재료 제작 기술은 자동차 분야에서는 적합치 않다. 전자의 경우는 생산성이 느리고, 경제성은 크게 고려하지 않은 반면에, 후자는 신속하고, 대량생산이 가능하며, 그리고 경제성을 중요시하고 있기 때문에 상기 두 분야에서의 제작공정은 다르다.

오늘날 복합재료 자동차 제작에 사용되고 있는 공정으로는 SMC, BMC 재료의 압축성형, 필라멘트 와인딩 (filament winding), 수지트랜스퍼 성형 (resin transfer molding; RTM), 반응사출성형(RIM 혹은 RRIM)등이 있으며, 또한 보디

패널과 구조부품 제작을 위하여 개발 중에 있는 공정으로는 블로우성형 (blow molding), 수직식 공사출성형 (vertical coinjection molding), 열가소성 복합재료의 스탬핑 (thermoplastic composite stamping) 등이 있다.

다양한 공정 개발은 부품의 수를 줄여 조립단가를 낮추고, 또한 고객의 요구를 만족시키기 위하여 디자인, 부식, 외관상태 및 덴트(dent) 등의 결점들을 개선하는데 있다.

SMC 재료를 사용하는 압축성형은 가장 신속한 공정 중의 하나이다. 이것은 자동차 부품 제작에 사용될 수 있고 그리고 적절한 성능도 제공하나, 반면에 구조물의 크기와 복잡성, 그리고 높은 성형압력에 제한을 받는다. 이는 SMC 계 재료가 성형중에 재료의 유동이 일어나므로써 부품에 있어서 부정확한 섬유와의 조절이 일어나 기계적 물성에 영향을 미치기 때문이다.

최근에는 새로운 재료와 보다 빠른 경화 사이클 시간의 출현으로 대형 구조물을 제작하는데 앞서 언급된 SMC 압축성형, 혹은 사출성형에 도전하는 RIM 및 RRIM 기술이 등장하여 큰 관심을 불러 일으키고 있다. RIM 기술은 전통적인 폴리우레탄 공정으로 오늘날 까지도 RIM 제작의 96%가 폴리우레탄을 사용하고 있다. 수지성분에 유리섬유등의 강화재를 넣은 슬러리를 금형에 넣은후 단시간에 반응 고화시키는 공정으로서, 여기서 얻는 고탄성을 재료는 적절한 강성, 높은 신율과 충격특성의 유지로 문, 펜더 및 보디패널등에 사용된다. Chrysler 사의 Genesis 프로젝트 책임자는 RIM 공정은 저렴한 장비와, 대형 부품제작을 위한 낮은 성형압력, 그리고 저렴한 재료비를 제공하기 때문에 대단히 매력적인 제작방법이다 라고 언급하였다.

자동차 외장 보디패널 제작을 위해 앞서 언급한 몇가지의 공정 기술이 개발되고 있다. 고성능 열가소성수지와 고분자합금을 이용한 블로우성형으로 내외부가 완전히 마무리된 패널을 제작하므로써 2단계의 성형과 접착 과정을 줄일 수 있다. 대형 블로우 성형 부품에서는 공구가 대단히 복잡해진다는 문제점도 제기되고 있으나

이 공정의 발전은 폭넓은 매트릭수지의 선정과 금형 표면상태의 개선에 달려있다. 다수의 사물 장치와 회전식 금형을 갖춘 대형 용량의 수직식 공사를 성형기가 주목을 받고있다. 이것은 상이한 재료들(열가소성, BMC 및 RIM)을 연속 산출할 수 있다. 일본의 Kobe 철강은 이미 일본자동차 메이커(Nissan, Mazda, Honda)에 2500~3000 톤의 장비를 공급하였다고 한다. 이 공정의 장점으로는 표면적이 넓은 부품제작에 대하여, 개선된 최임 강성도, 자동화된 금형 교환 장치의 용이한 이용과 수평식 사출기에 비해 작업 공간의 감소 등이다. 열가소성수지의 쉬트를 적당한 온도에서 예열한 후 냉각된 금형에 넣어 급속히 가압하여 소성가공을 하는 스탬핑 공정이 있는데 이는 프레스가공과 동일하다. 이 공정에는 트윈쉬트스탬핑(twin sheet stamping), 가압성형(pressure forming), 가열성형(thermoforming) 및 Azdel이 포함된다. 그러나 현재의 열가소성 스탬핑 공정은 A급의 표면상태를 얻기 어려우므로 이는 탄성율이 요구되고 표면은 중요치 않은 구조 부품에 적절하다.

자동차 메이커들은 선진복합재료가 앞으로 10년간 철강 재료와의 대접전이 오리라 예상하고 있다. 정밀하고 특수한 응용을 위한 제작 기술이 개발되고 있는데 일례로 압축성형과 펄트루전(pultrusion)이 조합된 커브드 펄포머(curved pulformers), 필라멘트 와인딩 및 펄트루전이 결합된, 섬유 와인딩기(chopped hoop winder) 및 튜브 와인딩기 등이 이미 제작되었다.

필라멘트 와인딩 제작공정은 항공우주 분야에서 로우드 베어링 부품을 제작하는데 개발된 기술로 자동차 산업에서도 발판을 굳히고 있다. 이미 필라멘트 와인딩에 의해서 성공적으로 제작된 리프스프링으로부터 드라이브 샤프트, 운전대 축 같은 복잡한 형상이나 크기를 갖는 각종 제품에 응용되고 있다. 불란서의 MFL Composites, 영국의 Pultrex와 독일의 MBB사는 최근 고도화된 제작장비의 제조자로서 5축이며, 직경차에 따른 속도변화, 주어진 길이, 폭 및 높이에서 섬유를 감을 수 있는 필라멘트 와인딩기를 개발하

였다. 또한 열가소성수지를 이용한 3차원의 구조물을 제작할 수 있는 핀 와인딩 기술도 큰 관심을 끌고있다.

5. 맺음 말

90년대에 등장하게 되는 자동차의 재료는 선진 각국의 유명 자동차 메이커들이 언급했듯이 기존의 금속재료를 제치고 복합재료가 주요 재료로 사용되리라 전망된다. 지금까지의 공구개발을 통하여 도출된 저렴한 재료의 개발 및 성능증진, 제작비 및 대량생산에 적절한 공정개선과 장비의 개발, 더불어 품질보증기술 등이 가까운 장래에 해결된다면 오늘날의 자동차 기술은 새로운 시대로 접어들게 될 것이다.

이와같은 새로운 자동차 개발의 목적은 무엇보다도 경량화를 통한 에너지 절약에 기여하는데 있다.

우리나라는 에너지 자원이 절대 부족하고 특히 석유는 전량 수입에 의존하고 있는 상황이므로 에너지 절약을 위한 연구가 절대 필요함은 재론의 여지가 없다. 70년대에 겪은 석유파동이 요즈음의 페르시아만의 위기로 재연될 수 있으며 앞으로도 언젠가는 불어 닥치리라 예상된다. 이에 대비하여 선진국과 같이 우리나라도 경량 복합재료 자동차 개발이 요구되며, 이것은 결과적으로 각국의 자동차의 수출을 계속 유지시킬 수 있는 계기를 만들어줄 것이다.

그러나 현 단계에서 국내의 복합재료 기술수준은 대단히 미약하나 최근 정부도 이 분야에 적극적으로 연구비를 지원하고 있음은 다행한 일이다. 국내의 자동차 수요도 점진적으로 증가하고 있고 또한 수출도 이루어지고는 있으나 국내의 시장이 좁은점을 고려하여 국내의 관련 자동차 메이커는 유럽 공동체 국가들이 수행하는 공동 연구비 투자 방식에 의한 연구 결과를 각 메이커가 적절히 활용함이 바람직 하리라 본다.

참 고 문 헌

(1) P. Beardmore, 1986, "Composite Structures

- for Automobiles", Composite Structures 5, pp. 163~176.
- (2) P. Beardmore, J.J. Harwood and E.J. Horton, 1980, "Design and Fabrication of a GrFRP Concept Automobile", ICCM 3(Paris), pp. 11~24.
- (3) Louis de QUN COURT and K.H. Sayers, 1985, "A Composite Automobile Front End Suspension", 30th SAM PE, pp. 708~723.
- (4) L.M. Sheppard, 1986, "On the Road with Composites", Advanced Materials & Processes, pp. 36~41.
- (5) R.E. William, 1986, ME., pp. 33~38.
- (6) L.K. English, 1986, "The RRIM Evolution", ME, pp. 39~43.
- (7) Modern Plastics Inter, (1986)
- (8) Plastics Technology, (1986)
- (9) Advanced Composites, Skeist Laboratories Inc, 1982



국제 학술대회 개최 안내

제 1 차 실험 열전달, 유체역학 및 열역학 국제회의
—First World Conference on Experimental Heat Transfer,
Fluid Mechanics and Thermodynamics—

주 관 : 미국 기계학회, 미국 화학공학회, 소련 열 및 물질전달학회, 일본 열전달학회, 일본 화학공학회, 아시아 태평양 에너지, 열 및 물질전달 지역센터, 유고슬라비아 공학회

분 야 : 열전달, 유체역학 및 열역학의 모든 부문에 대한 실험, 이론, 해석 및 수치적 연구

일 시 : 1988년 9월 4~9일

장 소 : 유고슬라비아 두브로브니크

일 정 : 1987년 11월 1일 초록 3부 제출마감

1987년 12월 1일 초록 채택여부 통보

1988년 1월 15일 완성된 논문제출 마감

1988년 3월 15일 논문 채택여부 통보

1988년 4월 15일 카메라 촬영용 매트 제출마감