



사진1 PONTIAC사의 MINI VAN

을 제조기법상의 이점을 이용하여 비교적 자유로이 제작할 수 있으므로 유체역학 및 유행각각을 고려한 모델을 개발하기가 용이하다. 사진1은 Pontiac사에서 제작한 Mini Van인데, 이 차의 Hood, Bumper 및 Side Panel 등 외장이 모두 FRP로 제작되었다. 현재 일반적으로 hood, grill, trunk, door, fender 등에 복합재료가 많이 사용되고 있으며 여러 가지 부품을 조합하여 일체로 성형한 부품도 개발, 적용되고 있다.

자동차의 부하 부품에도 복합재료가 사용되고 있는데 그 예로는 drive Shaft, suspension spring 그리고 frame을 들 수 있다. Drive shaft는 filament winding 성형 기법을 통하여 제작되는데, 강도 및 비틀림 강성도가 뛰어나고 무게가 기존 금속체의 30~40%이며 내피로성이 우수하여, Hercules, CIBA-GEIGY, Celanese 등에서 이미 연구 개발을 완성하여 일부 실용화 하고 있다. Spring은 tape winding, compression molding 및 pulforming 성형기법으로 제작 가능하며 현재 Rover, Nissan, GM, Renault, Ford 등의 자동차 제작 회사에서 개발 사용하고 있는데, GM 계열의 Corvette이 복합재료 Spring을 사용하고 있는 실에이다. 초기의 복합재료 spring은 철제로 설계된 형태 그대로에 재료만을 대체하는 방식이 사용되었으나 요즘은 복합재료 사용을 전제로 한 새로운 설계기법이 사용되고 있다. 내충격성, 내식성 및 치수 안정성을 바탕으로 차체 frame의 복합재료화 또한 시도되고 있는데 미국의 Ford 사에서는 충돌시 앞부분부터 점차로 파괴되는 복합재료

frame을 개발하였다.

엔진부품에 있어서는 piston head, connecting rod, push rod, engin block, turbocharger용 turbine에 적용가능한데 현재 Honda, Ford 및 Toyota에서는 이미 connecting rod를 복합재료로 개발하였으며 Toyota의 diesel 엔진에는 복합재료 piston head 및 ring이 사용되고 있다. 복합재료가 엔진에 사용될 때의 이점은 중량감소에 의한 동적 관성의 감소, 에너지 흡수에 의한 소음감소 그리고 강한 내충격성 등이다. 엔진 부품 개발을 위해서는 복합재료에 대한 열기계적 특성규명 및 피로, 마모 현상에 대한 연구가 필요하다.

기타 부품으로 transmission support, engine support bracket, wheel, radiator, tire, clutch face 및 brake lining 등이 있으며, 미국의 Garret 사에서는 전기자동차에 사용하는 flywheel을 복합재료로 개발하여 특허를 획득하였다. LPG 및 천연 gas를 사용하는 자동차의 gas tank도 앞으로 복합재료화가 가능할 것으로 보인다. 지금까지 개발된 복합재료 자동차 부품을 요약하면 표2와 같다.

표 2 복합재료 자동차 부품

구분	품 목	재료	제조방법	장 점	
FRP	부하부품	Drive Shaft	Gr/Ep, G/Ep Filament Winding Tape Wiping Pultrusion	경량, 내피로특성 충성치의 제어할 필요	
		Leaf Spring	G/Ep	Compression Molding Pulforming	경량, 피로안정성
		Frame	G/Ep	RTM, SMC	경량, 충격흡수
	외장부품	Body	G/Ep	SMC	경량, Damage Resistance
		Hood, Trunk Door, Fender, Deck lid, Grill	Gr/Ep, G/Ep	SMC, RIM	비강도, 비강성도 Damage Resistance
	기 타	Bumper	G/Ep	Compression Molding	내충격
		Fly Wheel	G/Ep, G/Ep	Filament Winding	에너지 축적
		Transmission Support	Gr/Ep, G/Ep	SMC	경량, 진동감쇄, 내충격
		Engine Support Bracket	Gr/Ep, G/Ep	SMC	경량, 진동감쇄, 내충격
		Tire	Kevlar/Ep	Compression Molding	인한성, 연료효율, 내구성
Radiator		Gr/Ep, G/Ep	RIM	경량, Damage Resistance	
Wheel		Gr/Ep, G/Ep	Compression Molding	경량, Damage Resistance	
Gas Tank		Gr/Ep, G/Ep	Filament Winding	피로안정성, 내구성	
FRM	엔진부품	Clutch Face, Brake Linings	Kevlar/Ep SiC/Al	Compression Molding	내마모, 내열
		Piston Head	SiC/Al, Alumina/Al	Squeeze Casting	경량, 내열, 내마모, 강성
		Push Rod, Connecting Rod	SiC/Al, B/Al	Squeeze Casting Vacuum Infiltration	경량, 비강도, 비강성도
		Engine Block	SiC/Al	Squeeze Casting Compcasting	경량, 비강도, 비강성도

3. 적용에의 문제점 및 대응책

복합재료는 재료 자체로서의 우수한 장점에도 불구하고 적극적인 응용이 아직 이루어지지 않고 있는데, 그 요인은 아래와 같다.

- 가격(원자재, 생산비)
- 대량 생산성
- 부품 결합 및 가공기술
- 신규 설비 투자
- 제품설계, 제조공정 관련기술 협력체계
- Data Base의 부족
- Plastic 제품의 내구성에 대한 인식
- 수리기술의 일반인への 보급

제품을 가볍게 함에 따라 얻어지는 이점과 함께 어느 정도 제조원가가 상승하느냐 하는 것이 경량재의 사용량을 좌우한다. 사진 2는 복합재료를 사용하여 경량화된 자동차 외장부품인데, 탄소섬유가 자동차의 경량재로서 기존 재료를 대체하려면 성능과 가격이 잘 조화를 이루어야 하며, 가볍고 값싸면 더 많이 사용될 것이다. 따라서 현재로서는 가격의 저하가 필수적인데 미국의 자동차 업계에서는 탄소섬유의 가격이 \$10/lb 이하로 되지 않으면

자동차에의 채용은 어려울 것이라고 전망하고 있다. 일본의 탄소섬유 업계에서는 '90년대 초에 탄소섬유의 가격을 \$10/lb로 낮출 수 있을 것이라고 보고 있다.

일반적으로 생산단가가 금속에 비하여 높으며 금속재 부품 생산용 설비와 다른 제조설비 투자가 초기에 필요하다는 점이 복합재료 적용의 어려운 점이다. 복합재료 자동차 제작에 필요한 시설투자는 철재 자동차 생산을 위한 시설 투자의 40% 정도가 소요되며, 자본금 및 공구비용은 50%, 그리고 부품의 조립 원가는 75%로 줄일 수 있다고 Chrysler의 연구팀은 발표하였다. 그러나 기존의 '철제부품 생산 시설이 있는 경우에는 추가로 시설투자를 해야 하므로 복합 재료화 초기의 시설투자가 부담이 된다. 그리고 복합재료 부품은 일반적으로 제작시간이 길어서 현재는 하루에 100~1,000대 이하의 생산량일 경우에 복합재료 부품이 우선적으로 적용되고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 앞으로 복합재료 원자재의 가격인하, 생산공정의 개발, 설계와 생산의 연계에 의해 대량생산의 경우에도 확대 적용될 것으로 보인다.

최근 복합재료 구조물 성형의 생산성을 향상시키기 위하여 새로운 제조방법들이 응용되고 있는데, 빠른 경화 반응을 이용한 고생산성 제조방법으로 RIM (Reaction Injection Molding), RRIM(Reinforced Reaction Injection Molding), RTM(Resin Transfer Molding) 등이 있다. RIM이나 RRIM은 단섬유 복합재료 성형에 주로 사용되며 RTM은 단섬유 뿐만 아니라 장섬유 보강 복합재료 성형에 많이 쓰인다. RTM은 원하는 형상의 Mold 안에 보강섬유 Preform을 넣고 수지를 유입구를 통해 주입한 후 경화시키는 것이다. 수지의 Mold내 유입을 돕고, 수지 압력에 의한 Mold의 팽창을 줄이기 위해 적절한 양의 진공을 Mold내에 형성시키기도 한다. 수지의 주입구는 mold cavity의 최저위치에, 그리고 진공 pump가 연결되는 공기 유출구는 mold cavity의 최고위치에 설치하는 것이 통례이다. RTM의 장점은 다음과 같다.



사진 2 경량 복합재료 부품

- 높은 생산성
- 짧은 설비 제작기간
- 적은 설비투자
- 저공해성
- 저에너지 소비형
- 재료 선택의 다양성
- 치수 정확성
- 표면 정도
- 부착물 일체화 용이

복합재료의 Autoclave 성형시에는 성형 시간이 부품당 4~5시간 이상 소요되며 Sprayup 작업시에는 2~3시간이 소요된다. 이에 반해 RTM은 약 8분~30분정도 소요되므로 다른 공정들에 비해 상대적으로 높은 생산성을 갖고 있다. 그러면서도 다른 고생산성 공정들에 비해 훨씬 낮은 압력하에서 성형되므로 설비의 경량화가 가능하며, 설비 제작 기간이 짧고 설치 비용이 적게 드는 장점이 있다. 또한, Sprayup 작업 등에는 공기환기장치 등의 시설이 요구되는데 반해 RTM에는 공해가 적어 그러한 시설이 요구되지 않으며 따라서 환기장치 및 재 온방에 드는 에너지를 절약할 수 있다. 보강섬유와 수지를 손쉽게 교체하여 작업할 수 있는 것 또한 RTM의 장점이며, Prototype 제작시에 사용된 장비를 약간의 수정만으로 양산에 직접 사용할 수 있다는 점도 큰 장점이다. Preform 작업중에 Insert 등을 preform과 함께 설치한 뒤에 수지에 함침시킴으로써 손쉽게 부착물을 본체와 일체화 할 수 있으며, 완성품의 표면이 매끄럽고 치수가 정확하다는 점들도 RTM의 장점이다. 사진 3

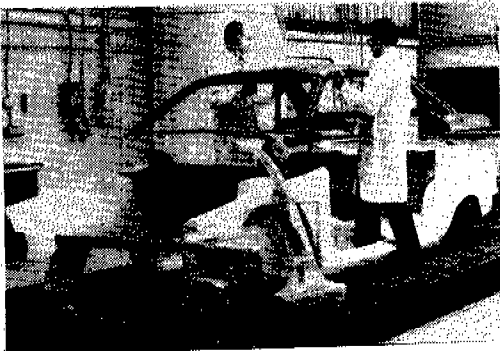


사진 3

은 RTM으로 제작된 자동차 구조 부품을 보여준다.

미국의 자동차 생산 업체인 Chrysler사에서 Shell 개발회사와 함께, mini van에 사용되는 Front Crossmember를 복합재료화 하는데 RTM공법을 사용하였다. 개발된 복합재료 Front Crossmember는 각종 시험을 성공적으로 통과하였고, 실차에 장착되어 240,000km를 주행하고도 성능, 구조상의 이상이 없었다고 한다. 이같이 양산성을 고려하여 작업 공정을 선택하고 이를 이용하여 부품을 개발하여 실제 양산시의 생산성을 높이면 가격 경쟁력이 있는 복합재료 부품을 생산할 수 있을 것이다.

복합재료 부품에 대한 일반인의 인식부족 및 차후 보수 유지에 필요한 수리기술이 일반에게 보급되어 있지 않다는 점, 제반 특성평가 기술이 정립되어 있지 않아 이에 따른 data base의 결핍, 그리고 복합재료의 제조공정 관련기술을 이해하고 있는 제품설계 그룹이 아직 형성되어 있지 않다는 점도 복합재료 적용의 문제로 들 수 있다. 점차 복합재료의 사용이 증대됨에 따라 일반인의 인식이 변화되고 복합재료 제품 수리 기술이 보급되면 판매 및 after service 문제는 해결될 것으로 보여진다. 복합재료의 피로특성, 열기계적특성, 마모현상 및 진동감쇄 특성에 대한 제반 연구를 통하여 복합재료의 특성평가 방법을 정립시키고 data base를 구축하면 정확한 설계가 가능하게 될 것이다. 자동차 제작회사들은 복합재료 제조공정과 제품 설계를 동시에 이해하는 그룹을 사내에 육성하여 차세대의 복합재료 자동차의 생산 판매를 준비하여야 앞으로의 국제 경쟁력을 잃지 않고 계속 수출증대를 꾀할 수 있을 것이다.

6. 맺 음 말

현재 미국, 일본 등에서는 복합재료의 자동차 부품에의 응용연구가 설계, 시제품생산, 성능시험까지 완료된 상태로써 경제성 때문에 실제 적용이 지연되고 있는 실정이다. 미국업체

들 보다는 오히려 일본업체들이 복합재료 부품을 좀더 적극적으로 사용하고 있고, 미국업체들은 복합재료 부품사용에 수반되는 원가상승을 감당할 능력이 적은 것으로 보인다. 한국의 자동차 업계도 미국시장에 일본과 같이 자동차를 계속 수출하려면 가급적 빨리, 현지 자동차들이 사용하고 있는 재료기술을 확보하여야 한다는 것은 분명한 사실이다. 현재 국내 자동차 업체들 그리고 부품생산 업체들의 복합재료분야의 연구개발 노력이 장기적인 관점에서 이루어지기를 기대한다.

참 고 문 헌

1. Robert D. Farris, *Advanced Composites, III, Expanding the Technology, Conference Proceedings, ASM International*, 63-73, 1987.
2. William C. Schiltz, *Advanced Composites III, Expanding the Technology, Conference Proceeding, ASM International*, 131-135, 1987.
3. 윤병일, *대한기계학회지*, Vol.27, No.5, 392-398, 1987.
4. 김홍철, *Polymer (Korea)* Vol.3, No.6, November, 354-358, 1979.
5. 과학기술처, *한·미 자동차관련 차세대부품 공동개발을 위한 조사연구*, 연구기관: 한국기계연구소, 1989.
6. Renault, *International Conference on Composite Material, London*, 1987.
7. Edgar E. Morris and Rex C. Haddock, *34th International SAMPE Symposium*, 1545-1555, 1989.