특 집

환경변화와 고 내구성을 위한 고무부품의 동향과 그 전망

이 성 훈

1. 개 요

자동차 산업에 관련되어 향후 차량동향에 따른 고무부품 및 고무재료의 영향을 **표 1**에 나타내었다. 고무부품의 경량화, 소형화 및 엔진룸 내의 공간 축소에 따른 응력 및 열부하의 증가가 발생되고 있으며, 그에 반해 자동차의 수명연장에 따른 부품의 내구 수명의 증가도 요구되고 있는 상황이다. 그에 따라 고무재료는 내열성, 내고온특성, 내피로성, 압축영구줄음특성의 향상이 요구되고 있다. 이러한 차량의 신뢰성 향상을 위해 고무 부품은 종래 이상으로 실제 차량에서의 simulation을 통한 평가가 이루어지도록 요구되고 있다. 평가기술의 내용을 보면 종래의 부품의 내구시험 및 재료의 물리적 특성 시험을 중심으로 한 물리적 특성 평가에서 화학적 해석을 추가로 하는 평가가 중요하게 요구되고 있는 실정이다. 특히 구조해석, 원소 분석 등의 분석 기기들을 이용한 평가 기술의 향상이 요구되고 있다.

2. 각 부품별 요구사항 및 향후동향

2.1 방진고무

자동차용 방진고무는 자동차의 승차감(진동제어 및 소음억제) 및 조종안정성과 관련된 부품으로서 그 중요성이 증대되어지고 있다. 그이유는 자동차의 design 이나 색감 등과 더불어 정숙성 또는 승차감 등이 자동차를 선택하는 중요한 기준이 되기 때문이다.

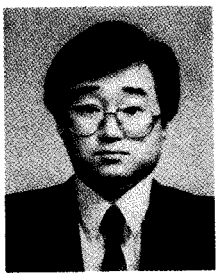
2.1.1 방진고무의 기능

대표적인 자동차용 방진고무는 **그림 1**에[2] 나타내었듯이 많은 종류가 있다. 그 기능은 크게 3가지로 중량물 지지(지지기능), 진동원으로부터의 진동 및 소음의 절연(방진기능) 진동원의 진동제어(제진기능)를 나타낼 수 있다. 이러한 기능이 충분히 발휘될 때 방진고무는 자동차의 정숙성, 승차감, 조종안정성의 향상에 기여하게 된다.

2.1.2 방진고무재료의 종류와 특징

방진고무재료는 일반적으로 천연고무(NR)가 많이 사용되고 있는데, SBR(스티렌부타디엔고무), BR(부타디엔고무) 등은 천연고무와 블레드에 많이 사용되고 있고 단독 사용되는 경우는 거의 없다. 이러한 디엔계 고무는 내유성이 약한 결점이 있다. 최근 내유성이 요구되는 환경에서 고 강도가 요구되는 방진고무에는 수첨가아크릴로니트릴고무(H-NBR)가 사용되기도 한다.

아주 우수한 진동감쇄 특성이 요구되는 마운트의 경우 종래에는 IIR(부틸고무)가 사용되기도 하였다. IIR은 높은 감쇄 특성 및 낮은 공기투과성을 가지고 있기 때문에 액체봉입형마운트 device에 사용되는



이성훈
1986 인하대학교 화학공학과(공학사)
1889 London School of Polymer Technology, The Polytechnic of North London(PNL) (공학석사)
1986~현재 현대자동차 선행연구소 비금속 재료연구팀 차장

The Trends of Automotive Rubber Parts for Environments and Durability

현대자동차 선행연구소(Seong-Hoon Lee, Polymeric Materials Engineering Team, Hyundai-Motor Company, 700, Yang Chung-Dong, Buk-Ku, Ulsan 683-791, Korea)

표 1. 자동차의 동향에 따른 고무 부품 및 고무재료의 영향[1]

자동차 동향	고무부품의 영향	고무재료의 영향
연비향상	경량화, 부품의 소형화 → 부하증가 엔진룸의 공간 협소화 → 열부하증가	TPE 및 수지화에 의한 박육화 내구성 향상(굴곡피로성, 압축영구줄음율 등) 내열성 향상(polymer 변경등 고려)
안정성 향상 쾌적성 향상	안전부품(ABS, 에어백) 고출력 → 열부하증가 진동소음의 저감 - 방진고무의 저동배율 고감쇄화 - weather seal의 seal성 향상 - 성능 노화의 저감	고온물리특성 향상 고온 저동배율 방진고무 재료 특성 변화 저감 재료
유해배기물질 저감	제어부품의 증가 연료의 저투과성 납적용부품 규제	불소계 및 수지 재료의 증가 납을 함유하지 않는 배합설계요구
폐차 폐부품 대응	리싸이클이 쉬운 재료와 치완 환경 부하물질의 저감, 삭제	TPE화 배합변경, 재료 변경
국제화 대응	현지화율 증대	polymer종류의 통일, 품질 level의 확보 (국제적 통용 polymer의 채용) 시험법 통일
저cost화	기능향상/원가절감의 양립 채용재료의 저grade화 표준화 추진(종류 및 치수)	고무 단품설계, 사용환경에서의 고무재료 적합성 판단 (노화특성 보다 사용 한계 추구) 배합 종류 통합
차량수명연장	maintenance free 내구신뢰성 향상 (신뢰성 평가기술의 향상) 제조물의 품질 편차 축소 → 제조 기술의 향상	재료시험법, 분석평가기술의 확립 내열, 내구성향상(polymer 변경을 고려)

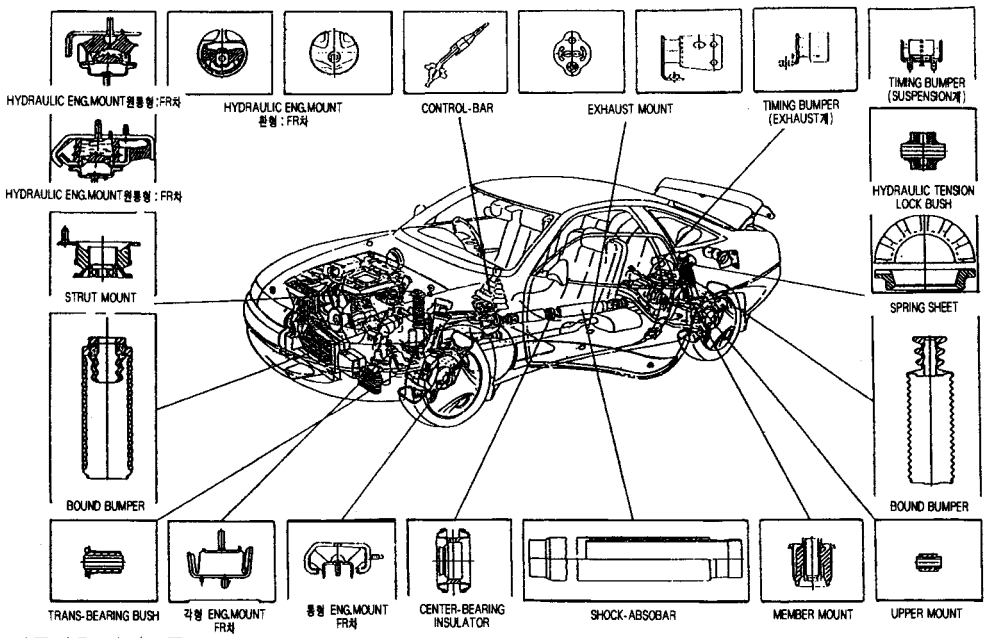


그림 1. 자동차용 방진고무.

diaphragm에 사용되고 있다. 그러나 IIR은 가공이 어렵고 내구성 및 내한성이 천연고무에 비해 열세에 있기 때문에 사용 시에는 방진고무의 사용 환경을 충분히 고려하여야 한다.

배기계에 사용되는 방진고무는 높은 내열성이 요구되기 때문에 과거부터 에틸렌프로필렌디엔고무

(EPDM)가 많이 사용되고 있다. 배기계 부품으로 대표적인 것은 muffler hanger가 있는데 금속과 접착 없이 순수 EPDM을 사용하고 있다.

이처럼 방진고무재료는 그 사용 목적 및 요구 품질에 따라 여러 원료고무의 특성을 이해하여 적절히 사용하여야 한다.

2.1.3 방진고무재료의 동향

2.1.3.1 동적 특성

방진고무의 동적 특성을 비교하기 위하여서는 **그림 2**에 표시된 그래프를 이용하면 편리하다. 세로축은 방진기능의 목표를 나타내는 동배율을 나타내고, 가로축은 제진 기능의 척도인 감쇄 특성을 타나낸다.

예를 들어 엔진마운트에는 엔진을 지지하는 기능, idling시의 진동 및 엔진으로부터의 소음을 방지하는 방진기능, 노면으로부터 들어오는 입력에 대한 엔진의 공진을 억제하는 제진 기능이 요구된다. 엔진지지 기능을 유지하기 위해서는 엔진마운트의 정스프링 상수가 결정되어 지고, 방진기능을 높게 하기 위하여 동스프링 상수를 낮게 할 필요가 있다. 제진 기능을 높게 하기 위하여서는 감쇄 특성을 높게 하여야 한다. 결론적으로 엔진마운트는 낮은 동배율과 높은 감쇄 특성이 요구된다.

그림에서 보면 고무는 동배율과 감쇄 특성이 거의 직선적인 관계를 나타내기 때문에 순고무 부품에서의 양방향 특성을 동시에 개선하기에는 불가능하다. 그래서 액체봉입형 마운트 및 제어형의 엔진마운트가 많이 개발되어 사용되고 있다.

액체봉입형 엔진마운트는 **그림 3**에 표현되어 있듯이 주액실과 부액실을 통하는 오리피스라 하는 작은 유로를 통해 액체가 통과하는 것에 의해 dynamic damper의 효과에 의해 높은 감쇄성과 낮은 동배율을 실현하였다. 액체봉입형 엔진마운트에 사용되는 고무재료는 내봉입액체성이 우수한 것이 요구된다.

액체봉입형의 방진고무의 문제점은 그림에서 보여준 것과 같이 구조가 복잡하여 비용이 높다는 점이다. 액체봉입형 방진고무에 필적하는 특성을 고무단독으로 실현하기는 불가능하기 때문에 고무 단독의 방진고무로 어디까지 달성하는 것이 개발과제로 남아 있다. **그림 2**에 표시한 것과 같이 통상의 배합기술로는 이 문제를 해결하는 것은 불가능하다. 고 감쇄성과 동배율을 다 만족하기 위한 방진고무의 상반된 효과를 만족하기 위해서는 원료고무의 기여도가 크

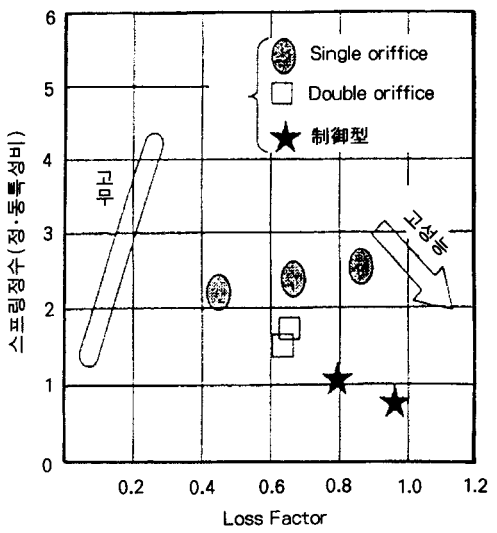


그림 2. 방진고무의 동특성MAP.

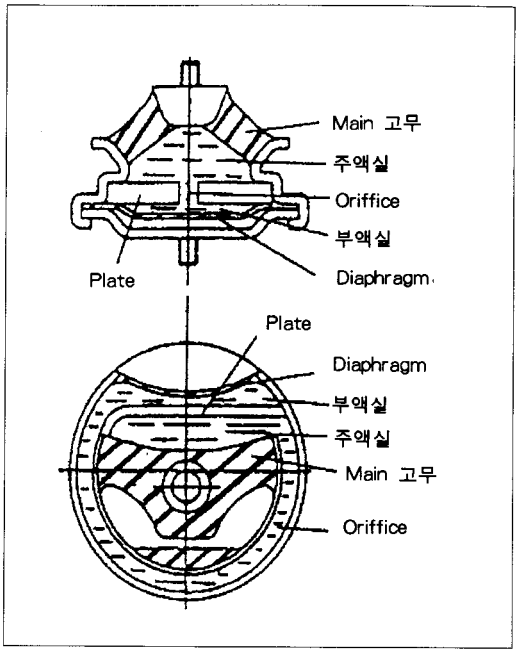


그림 3. 액체봉입식 엔진마운트의 구조.

기 때문에 새로운 고분자의 개발이 요구되고 있다.

2.1.3.2 내열성

최근 자동차가 처한 환경 중에 내열성 향상의 요구는 방진고무에 제일 큰 자리를 차지하고 있는 바 그 내열성 향상 필요성의 배경을 **표 2**에 표시하였다. 그러한 시장 환경의 변화는 방진고무의 열 충격량이 증

표 2. 자동차의 내열성 향상 요구내용

시장환경의 변화		대상부품
고출력화	방진	Engine Mount
엔진룸의 협소화	고무의	Rubber Mount
차량보증기간의 연장	내열성	Exust Mount
신가스규제	향상	Exust Dynamic Damper
차실외소음규제	요구	Center Bearing

가한다는 의미를 가진다. 이에 따라 방진고무의 내열성 향상의 요구가 아주 높아지고 있는 실정이다.

천연고무보다도 내열성이 우수한 합성고무는 많으나, 아직까지 천연고무를 사용하고 있는 이유는 다음과 같다. 즉 내열성은 높으나 천연고무대비 동적 내구성이 떨어지고, 사용온도(-30~100 ℃)에서의 방진특성이 일정한 재료가 없다는 것이다. 또 천연고무 만큼 압축영구변형율이 우수하고 동적 변형율이 적은 고무재료도 없다는 것이다. 현재까지 진행되고 있는 내열방진고무의 개발은 천연고무의 가교구조를 최적화하는 방법을 중심으로 진행되어 있다. 일반적으로 유황 가류의 경우 내열성과 내피로성이 상반되는 관계가 있다. 천연고무는 아직까지 100℃에 수백 시간의 실용 내열성을 가진 재료로 사용되고 있다. 그러나 향후 실용 내열성이 120℃를 넘는 경우 천연고무로서는 한계가 있다.

2.1.3.3 접착성

방진고무는 금속, 수지 등과 접착하여 사용하는 경우가 많다. 접착부분의 신뢰성은 방진고무를 개발하는 데에 중요한 인자중의 하나이다. 접착성은 열, 염분, 기름, 용제, 잔류 응력들의 영향에 따라 변화를 받기 때문에 초기의 접착성은 물론 장기의 경시노화를 반드시 고려할 필요가 있다. 액체봉입형 방진고무는 봉입액체가 접착성을 저해하는지 여부를 고려하여 접착제의 선정을 주의 깊게 하여야 한다.

2.1.3.4 기 타

천연 고무등 디엔계 고무는 대기중 오존의 영향을 무시하면 안 된다. 오존노화는 정적 노화로 평가하는 경우가 많은데, 방진고무의 경우는 동적 노화를 가미하여 평가하는 것이 필요하다.

방진고무의 특징은 다른 고무제품에 비해 가혹한 동적 피로환경 조건하에서 사용되는 점인데 그 사용목적 및 요구 품질을 충분히 검토하여 개발하는 것이 중요하고 순고무 단독으로 현재 제기되고 있는 문제점을 해결하는 것은 그렇게 간단하지는 않다. 고분자 및 각종 고무용 부자재의 개발이 동시에 이

표 3. 강화된 북미의 Low Evap. Emission 규제현황 (LEV-Ⅱ Evap.)

	Hydrocarbon Standard		
	Running Loss (g/miles)	Three-Day Diurnal+Hot Soak (g/test)	Two-Day Diurnal+Hot Soak (g/Test)
승용차	0.05 (변동없음)	0.50 (변경전 : 2.0)	0.65 (변경전 : 2.5)

Useful life 규정 : 10년/100,000 miles → 15년/150,000 miles.

표 4. 북미 Low Evaporated Emission 준수 의무규정

연 도	LEV-Ⅱ Low Evap. Emission 규제 적용비율
2004	북미 판매 신차의 40% 규제만족
2005	북미 판매 신차의 80% 규제만족
2006	북미 판매 신차의 100% 규제만족

루어져야 하고 또 다각적인 조합에 의한 compound 개발이 이루어져야 한다.

3.2 Hose류

강화된 북미 및 유럽의 증발 가스 규제에 대응하기 위한 노력들이 이루어지고 있으며 엔진룸의 고온화 및 장기 내구 보증에 따른 호스의 개발 동향에 대하여 알아본다.

3.2.1 환경규제를 고려한 연료호스 개발동향

강화된 low evaporated emission 규제(증발가스 규제)에 대응하기 위한 노력들이 활발하게 이루어지고 있는 분야가 연료 호스 분야이다. 그 규제 현황 및 적용의무 규정에 대하여 **표 3, 4**에[3] 표시하였다. 연료 투과량 규제가 현재 기준보다 80% 강화가 되었고 대부분의 증발가스는 연료 line 및 tank 등의 vapor permeation 및 연료 및 vapor 연결부위의 소량의 누출에 대한 것으로 알려져 있고, 특히 알코올 함유 연료에 대한 permeation rate는 증가한다고 알려져 있다. 이러한 상황에서 법 규제를 만족하기 위하여서는 최소한의 permeation과 zero leak가 필요하기 때문에 적절한 설계 및 process control을 통한 leak 예방을 해야 한다. 또한 부품 공급업체는 모든 부품 및 assembly에 대한 적합한 시험 장비 및 leak 방지 능력을 보유하도록 요구되고 있다.[4]

표 5에[5] 연료계통에 사용되는 각 재료의 연료투과량에 대하여 표시하였다. 이는 ASTM E96-66에 명기된 Thwing-Albert cup을 이용하여 각 재료별 연료 조성별 연료투과성을 측정하여 표현하였다. 이를 기준으로 각종 연료 호스의 개발이 진행되고 있

표 5. Permeation Rate of Various Materials on Fuel C and Alcohol Fuels

재 료		Permeation Rate(g/m^2/day)					
Brand Name	Composiotion	FuelC 23 ℃	FuelC/E10 23 ℃	FuelC/MTBE10 23 ℃	FuelC/M15 23 ℃	FuelC/M50 23 ℃	FuelC/M85 23 ℃
NRR(33% ACN)	nitril rubber	669.00	1,028.00	682.00	1,188.00	994.00	264.00
HNBR(44% ACN)	hydrogenated nitril rubber	230.00	553.00	271.00	828.00	628.00	211.00
FVMQ	fluorosilicone	455.00	584.00	6.00	635.00	562.00	261.00
FKM(65% F)	fluoroelastomer	2.60	14.00	3.00	60.00	119.00	149.00
FKM(66% F)	fluoroelastomer	0.80	7.50	2.00	36.00	74.00	55.00
FKM(68% F)	fluoroelastomer	0.70	4.10	1.00	12.00	23.00	7.40
FKM(70% F)	fluoroelastomer	0.70	1.10		3.00	2.80	0.90
Teflon FEP	fluoroplastic	0.03	0.03		0.03		0.03
Teflon PFA	fluoroplastic	0.18	0.05		0.13		0.05
Tefzel ETFE	fluoroplastic	0.03	0.05		0.20		0.20
Nylon 12	plasticized fuel hose grade	6.00	24.00		83.00		90.00

는 바 주로 zero evaporated emission을 맞추기 위하여 불소고무 단독보다는 고무와 불소 수지의 조합에 의한 연료 호스의 개발이 된 사례가 있다. 그 내용을 보면 불소수지를 이용한 예들이 있는데, tetrafluoroethylene(TFE), hexafluoropropylene(HFP), vinylidene fluoride(VdF)로 구성되어 용융 성형이 가능한 THF를 이용하여 내층 및 중간층에 고무와 동시 압출하여 연료 호스를 구성하는 방법과 박막인 fluorinated ethylene propylene(FEP) 필름을 기존 연료 호스층에 감싸서 호스를 구성하는 방법들이 있다. 그 호스들의 내연료투과성에 대한 내용을 **표 6**에 표시하였다. 이외에도 연료투과성 개선을 위한 기술 개발이 요구되는 실정이다.

3.2.2 리싸이클을 고려한 호스분야의 동향

수지에 비하여 고무의 리사이클은 크게 진행이 되고 있지는 않지만, 향후 적극적인 검토가 이루어져야 한다. 차량의 최대 고무 부품인 타이어는 열에너지 회수 쪽으로 리싸이클이 진행되고 있고 기타 다른 차체의 seal이나 냉각계통 호스들은 EPDM을 다량 사용하고 있는데, 그 재료에 대한 chemical recycle이 연구되고 있다. 또 한편, 고무 호스를 수지로 개발 검토하는 것도 리싸이클을 고려한 연구 활동의 일환이 되고 있다.

3.2.3 원가절감에 대한 호스의 동향

고무호스는 매체를 밀봉하고 수송하는 부품으로 그 신뢰성상 아주 중요한 기능을 하고 있기 때문에 원가절감을 고려할 때는 아주 신중할 필요가 있다. 저급재료로의 치환도 있지만 보강사의 편조방법 개선, 특히 spiral 편조 방법의 채용, batch 가황에서 연속가황으로 변경하여 생산성 증대 효과 확보, 저압부 호스의 보강사 대신 fiber reinforced rubber (FRR)를 사용, 체결금구 및 호스의 수지화, 호스 두께의 최적화, 이종호스간 재료 통합화 등을 통한 원가절감을 달성할 수가 있다.[9] 최근의 성능향상 및 원가절감 노력은 power steering 고압 호스를 예로 들 수 있다. Power steering system 내의 내열성 및 압력의 증가, 장기 내구 보증을 위하여 기존의 NBR/CR 호스를 HNBR/CSM을 개발하였으나 적

표 6. 불소수지를 응용한 연료 호스의 구성 및 성능 비교[6-8]

항 목		THV 적용 호스	FEP 적용 호스	FKM 호스
구조(내면/외면순)		THV(0.2 mm)/ECO(or CM) NBR/THV/ECO(or CM)	FKM(0.4 mm)/FEP film(0.2 mm)/ECO	FKM(1.2 mm)/ECO
공법		고무수지 연속 압출	고무압출→FEP wrapping →고무압출	불소고무압출후 ECO 압출
연료 투과성 (g/m^2/day)	시험편 Fuel C	0.011	0.025	0.68
	시험편 M25	0.24	0.2	12
	Hose(M25)	40	5.0	90
적용부위		fuel filler neck hose vapor hose	fuel hose 및 곡 연료 hose	

표 7. Power Steering Hose의 재료및 Impulse내구 결과

	사 용 재 료			IMPULSE 내구수명 반복 압력 : 0~8 MPa 시험온도 : 115 ℃
	Cover	Tube	보강사	내구시간(hrs)
기존 Hose	CR	NBR	PA66	■■ 600
내열 Hose	CSM	HNBR	PA66	■■■■■■■■■■■■■■ 3800
원가절감형 내열 Hose	CR	박층 HNBR (0.5mm)/NBR	PA66	■■■■■■■■■■ 2700

정 성능 유지와 원가절감을 위하여 박막 HNBR/NBR/CR 호스 개발이 이루어지고 있다. 그 성능 및 내구 수명에 대하여 **표 7**에 나타내었다.

3.3 Weather Strip

자동차용 weather strip은 차체를 sealing 하는 system으로 Door, Trunk Lid, Sunloop, 유동 및 고정유리창에서 발생하는 틈을 막아주는 부품으로서 최근 자동차의 styling이 공기역학적으로 이상적인 design으로의 변화가 일어나고 있고, 사용조건이 강화되는 동시에 차 자체의 내구성 증대에 따른 내구성능과 품질의 향상이 요구되고 있고 그에 대한 장기적으로 성능유지(wind noise 발생억제)를 위한 개선 개발노력이 이루어지고 있는 부품이다.

최근 재활용, 원가절감, 설계자유도를 위한 TPE 적용 개발이 적극적으로 일어나고 있는 부품군중의 하나이다. EPDM의 glass run joint를 TPV로 대체하여 공정 단순화에 따른 원가절감 및 치수 안정성을 이룩하였고 최근 들어 기존의 EPDM glass run weather strip의 공정축소 및 우레탄 표면처리 축소를 통한원가절감, 치수안정성을 가져온 TPV로의 개발이 이루어졌다. 유리의 습동 저항을 줄이기 위하여 기존의 우레탄 코팅을 경질 습동성 개량 TPV를 동시 이중 압출하는 방법으로 개발하여 적용중에 있다. 더욱이 과거에는 불가능하다고 생각되었던 dynamic seal에도 그 개발이 이루어지고 있다. EPDM의 화학적 발포 대신 TPV의 수발포 공법으로[10] hood werther strip 등은 개발이 되어 일부 적용중에 있다. 최근에 trunk lid weather strip에의 개발이 추진중에 있거나 거의 완료 단계에 있다. 이러한 weather sealing 재료에 대한 재료적 요구사항은 전체 system 비용 절감, EPDM 대비 동등한 성능, 경량화, 부품의 재활용성, 양호한 표면 등이 요구되고 있다.

Dynamic seal로 최고기능을 요하는 door weather strip 분야에는 아직까지 기존의 EPDM의 개선을 통한 성능향상을 이룩하려는 노력이 계속되고 있으며 그 중에는 고분자 구조의 변경, 가류계의 개선, 신 노화 방지 system의 도입, 특수약품(불소계 오일 등)의 처방에 의한 내열성 및 slip성 개선가능성 검토, 공정상 가류 속도 및 연속 가류 발포 공정의 재검토 등이 연구되고 있으나, 경제성과 성능과의 상반된 요구조건을 고려하여 적절한 방향을 찾아 개발이 이루어지기를 기대한다.

3.4 Sealing 부품

3.4.1 Seal

자동차용 oil seal중 대표되는 것은 crank shaft oil seal로서 고정되어 있는 crank case와 회전하는 crank 축과의 사이에 있는 틈을 메워주며 기름의 누설을 방지하는 역할을 한다. 최근 자동차의 power train 부품에 대한 장기 보증에 따라 엔진 및 트랜스미션 각 부위를 밀봉하는 seal 부품의 내구 수명을 높이는 노력이 가장 많이 이루어지고 있는 분야이다. Power train 부품의 파손 및 누유는 자동차에 가장 치명적인 결함을 야기하는 부품이기 때문에 장기적으로는 그 연한과 주행거리 상관없이 무 교환으로 이루어져야 한다고 각 자동차 메이커에서 요구되고 있다. 특히 북미에서는 최소한 10년 또는 15만 mile의 보증은 되어야 한다고 주장되고 있다. 그를 위해서는 현재의 재료 시험 요구사항들의 재검토 및 변경, 각 사용조건하에서의 고무부품이 어떻게 작동하는지를 이해하고, 성능시험에 영향을 미치는 변수 요인들에 대한 이해 및 연구가 수행되어야 한다.

Oil seal 및 O-ring 등은 사용유에 영향을 많이 받는데 특히 엔진오일 및 각종 변속기유의 성능 향상을 위하여 첨가하는 약품들에 대한 영향을 세심하게 고려하여 system을 설정하여야 한다. 불소고무에 영향을 미치는 아민계 엔진 오일의 첨가제 또는 ditiocabamate friction modifier에 의한 불소고무의 경화에 대한 연구[11] 등이 최근에 많이 진행되고 있다.

3.4.2 CVJ Boot

CVJ boot는 gear box의 동력을 wheel로 전달하는 기능을 하는 joint의 윤활 작용을 하는 그리스를 유지시키고 먼지 및 물의 유입을 막는, 단순하지만 boot의 기능 상실시 치명적인 joint의 파손을 야기하는 중요한 기능을 하는 부품이다. 현재 일반적인 사용온도 영역이 -40~120 ℃로 정의되고 있으나, 최근 일부 엔진쪽 inboard boot의 경우 온도가 150 또는 180 ℃까지 올라가는 경우가 있어 그 내열성을 확보하는 문제가 과제로 되어 있다. 전통적으로 CVJ

표 8. CVJ Boots 재료 사용 예측[12]

Materials	1995년	2000년
Polychloroprene	63%	47%
Thermoplastic elastomers	32%	45%
Ethylene acrylic elastomer	2%	1%
Silicone rubber	3%	7%

boot에는 클로로프렌 고무(CR)가 가장 많이 사용되고 있고 향후에도 계속 사용량은 유지될 전망이다. 그러나 **표 8**에 보면 열가소성 엘라스토머(TPE)가 CR을 대체하여 계속적으로 증가하는 것을 예상할 수가 있다. 그러나 비싸고, 또 조립에 세심한 주의를 할 필요가 있다. Silicone 및 ethylene acrylic rubber(EAR) 또한 CR보다는 성능이 우수한 재료로 알려져 있으나 EAR은 내열성에는 우수하나 내한성에는 한계가 있다고 알려져 있고, silicone rubber는 내열 및 내한에 모두 우수하나 가격이 비싸다.

CR boot의 감소는 outboard에 사용되는 boot의 낮은 내오존성에 의한 장기 내구성이 부족한 그 본래의 단점 때문이다. 저온 유연성을 위하여 사용되는 가소제는 장기 사용에 따라 그리스에 의해 추출되어 CVJ boot의 기능을 약화시키고, 산화방지제 및 내오존방지제를 추출시켜 2년 사용후 고무내 1/3만 존재한다는 연구도 있었다. 또 다른 outboard boot로서 CR의 단점은 inboard boot의 25°대비 최대 47°각도로 꺾여 작동되는 큰 신장율 상태에서 장기적으로 그 기능을 발휘하지 못하는 문제와 더불어 내마모성의 문제도 나타난다는 점이다.

TPE의 적용은 극히 제한적으로 사용되고 있는데 copolyester/ether type TPE만 현재 사용 중에 있다. 처음에는 외부 파편에 의한 고무의 내열성 부족을 해결하기 위하여 개발 적용하였으나, 장기 내구성에도 유리하고 내마모성도 유리하여 널리 적용되고 향후 그 적용이 늘어날 추세이다. 그러나, TPE boot는 길이를 따라 내려오는 각 산과 골의 치수를 맞추기 어렵기 때문에 그 가공을 정밀하게 하지 않으면 안 된다. 최근에는 일부 적용중인 내열 inboard boot용 EAR을 대체하기 위한 TPE 개발도 추진 중인 것으로 알려져 있다. 자동차의 요구사항을 만족시키기 위한 여러 재료들이 검토되고 있으며, 응용되고 있는 CVJ boot는 현재 100,000 km 또는 5년의 내구성을 만족하고는 있으나, 향후 10년 150,000 km의 요구 사항을 만족시키기 위해서는 계속된 연구가 필요한 분야이다.

5. 맺 는 말

자동차 제조회사가 직면한 최대 과제는 수익성 제고, 환경 규제대응, 안전도 등과 더불어, 고품질, 장기 내구성을 확보하는 것이다. 그 중에서 최근 환경문제에 대응하여 진행되고 있는 연료 계통의 법규내용과 그 대응책들에 대하여 알아보았고, 최근 대부분의 과제들은 장기 내구성 확보를 위한 고성능 고급 고무재료 적용을 위한 연구가 많이 진행되고 있음을 서술하였다. 그러나 이러한 노력들은 자동차 업체의 수익성 제고 문제와 동시에 검토되어야 한다는 것이다. 참고적으로 세계 각 자동차 maker들은 신차 개발 시 원가절감 목표를 10%에서 최고 30%까지 정해놓고 신차를 개발해 나가고 있다. 이러한 상황에서 고무 부품의 내구수명을 실제 차량에서 정확히 예측하는 연구가 동시에 진행되어야 하고, 그 결과를 시험실적으로 재현하여 정확한 규격과 그에 따른 적절한 재료와 부품을 개발 적용하는 것이 향후 진행되어야 할 과제라 판단된다.

참 고 문 헌

1. 松田雅敏, 에리스토마제품의 수명과 신뢰성 Ⅵ, p. 51, 일본고무협회 (1998)
2. 小藥 次郎, 工業材料, **45**(12), 33 (1997)
3. "LEV-Ⅱ Evaporated Emission Regulation", CARB, 1998.
4. Paper from "SAE Fuel Supply System Forum Meeting", by AIAM, March, 1999.
5. W. M. Stahl & R. D. Stevens, "Fuel-Alcohol Permeation Rates of Fluoroelastomers Fluoroplastics, and Other Fuel Resistant Materials", SAE paper # 920163, SAE, 1992.
6. Masashi Sakakibara et al., "Development of Inner Resin Hose for Fuel", JSAE papsr #9632631, JSAE, 1996.
7. Dennis E. Hull et al., "Unique Fluoroplastics for Low Permeation Fuel System Applications", SAE paper #950363, SAE, 1995.
8. R. E. Fuller & R. D Stevens, "Unique Low Permeation Elastomer Laminations for Fuel Hose", SAE paper #96014, SAE, 1996.
9. 坪井淳 外, 일본고무협회지, **71**(11), 78 (1998).
10. *European Rubber Journal*, **181**(2) 18 (1999).
11. Koilchi Kurono et al., "Influence of New Engine Oil Additives on the Properties of Fluoroelastomers", SAE paper #982437, SAE, 1998.
12. "CVJ boots: a tough job for rubber", ERJ. vol. 181, No. 6, p. 30, June, 1998.