



## 고차단성 자동차 부품용 고무소재

김진국

경상대학교 고분자공학과

접수일(2011년 1월 10일), 수정일(2011년 1월 19일), 게재확정일(2011년 1월 25일)

## Elastomeric High Barrier Materials for Vehicle

Jin Kuk Kim

Department of Polymer Science &amp; Engineering, Gyeongsang National University

(Received January 10, 2011, Revised January 19, 2011, Accepted January 25, 2011)

**요약** : 가스와 증기에 대한 투과성(Permeability to gases and Vapors)은 고무 제품을 타이어 튜브나 다이어프램(diaphragm)과 같은 제품으로 사용하고자 할 때 아주 중요한 특성이다. 모든 고무는 가스와 증기에 대하여 투과성이 있다. 그러나 그 투과 속도는 고무 재질에 따라 아주 다르다. 일반적으로 실리콘 고무의 투과성이 제일 크고, 그 다음으로 NR, EPDM, SBR, CR, NBR, FPM, ECO, IIR 순이다. 이러한 투과성은 같은 원료고무를 사용해도 사용 배합 약품의 종류에 따라 크게 다를 수도 있다.

고무와 기체와의 메커니즘은 발포고무에 매우 중요하게 되어 이에 대한 연구<sup>1-7</sup>는 많이 이루어졌으나 고무의 차단성에 대한 연구는 그리 많지 않다. 고무소재의 투과성 또는 차단성 기능을 주기위하여 나노복합탄성체<sup>8</sup>의 기술 동향 및 코팅에 의한 기능성 향상<sup>9-13</sup>을 하거나 열가소성탄성체 본문에서 적용하는 기술이 있는데 자동차에 사용되는 액체 및 기체 차단용 고무부품에 대하여 몇가지 소개하여 본다.

**ABSTRACT** : Permeability to gases and vapors is an important function in tires, rubber tubes and diaphragms. It mainly depends on the rubber material. Generally, permeability increases in the following order: silicone rubber>NR>EPDM>SBR>NBR>FPM>ECO>IIR. And, for an elastomer permeability is also very much dependent on compounding. Many research works are reported in the area of gas permeability for formed rubber,<sup>1-7</sup> however, few studies are found for unformed elastomer products. Incorporation of nano-particles, use of thermoplastic elastomers and applying high barrier multilayer coatings are the main approaches to obtain a high barrier elastomeric product. In this paper, barrier article for vehicle is introduced.

**Keywords** : Permeability, barrier, nano elastomeric composite

## I. 자동차호스

고무호스류는 자동차의 고무부품에서 널리 사용하는 부품으로 Figure 1에 사용되는 호스류를 나타내었다. 자동차용 고무호스의 최근 기술개발동향은 재료로서 열적 이유로 실리콘 고무가 사용되나 투과성의 크기 때문에 증발가스규제 보강섬유를 이용한 고압호스 개발, 호스내부의 불소코팅기술개발, ECO코팅기술개발 등을 적용한 증발가스 최소화 기술개발로 고내열성 및 고내구성이 요구되는 엔진주변 호스개발이 진행되고 있다.

이중 특히 연료용 호스에서 기체의 차단성은 많이 요구되는데 점점 심해지는 환경규제로 인하여 더욱 개발이 필요하다. Figure 2에 미국과 유럽에서의 현재 진행되고 있는 호스류의

증발규제 현황과 추후의 개발 소재를 나타낸다.

최근 환경규제 강화와 더불어 이에 대응하기 위한 우수한 소재로서 실리콘고무호스가 각광을 받으면서 북미증발가스규제와 EU의 EURO4기준을 만족할 수 있는 부품개발의 추세이다.

연료호스 기능은 호스류는 조립의 편의성 등으로 인해 대부분 고무로 제조되는데, 이 또한 기화연료의 대기 중 방출 및 내유성 등의 개선을 위해 다층화 기술을 접목하여 생산되고 있다. 하지만 고무는 그 구조상 분자의 결정성이 부족하여 액체 및 기체의 차단성이 매우 떨어져 점점 더 강화되는 배출기준을 만족시키기 위해 이미 일부 차종은 연료호스를 금속 파이프로 대체하고 있는 실정이다. 따라서 이러한 고무재료의 고차단화 기술의 개발이 시급한 실정이다.

이러한 고차단성 연질탄성체 소재가 성공적으로 개발되었을 때 그 파급효과는 비단 자동차용 연료호스 뿐 아니라 연료

† 대표저자 E-mail: rubber@gnu.ac.kr

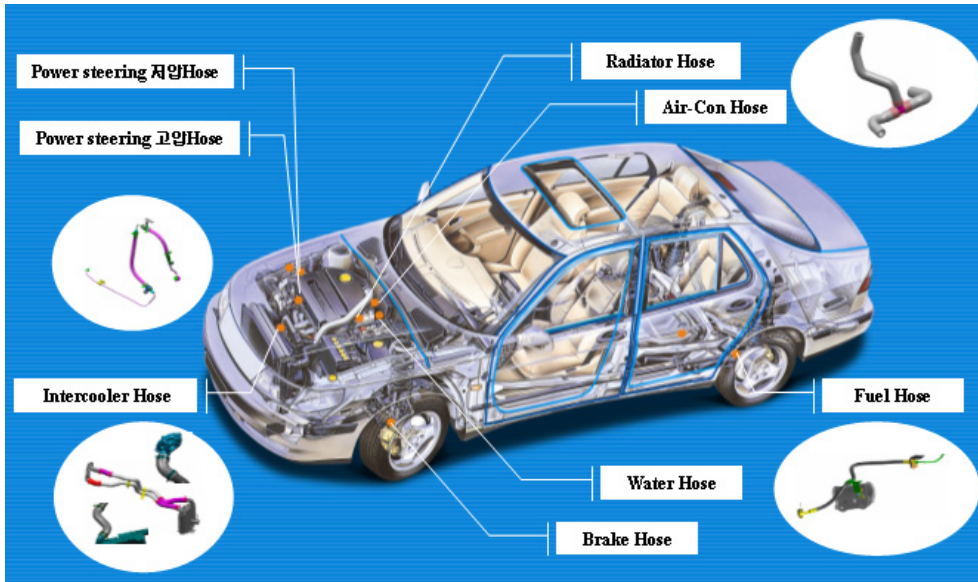


Figure 1. Types of automotive rubber hose.

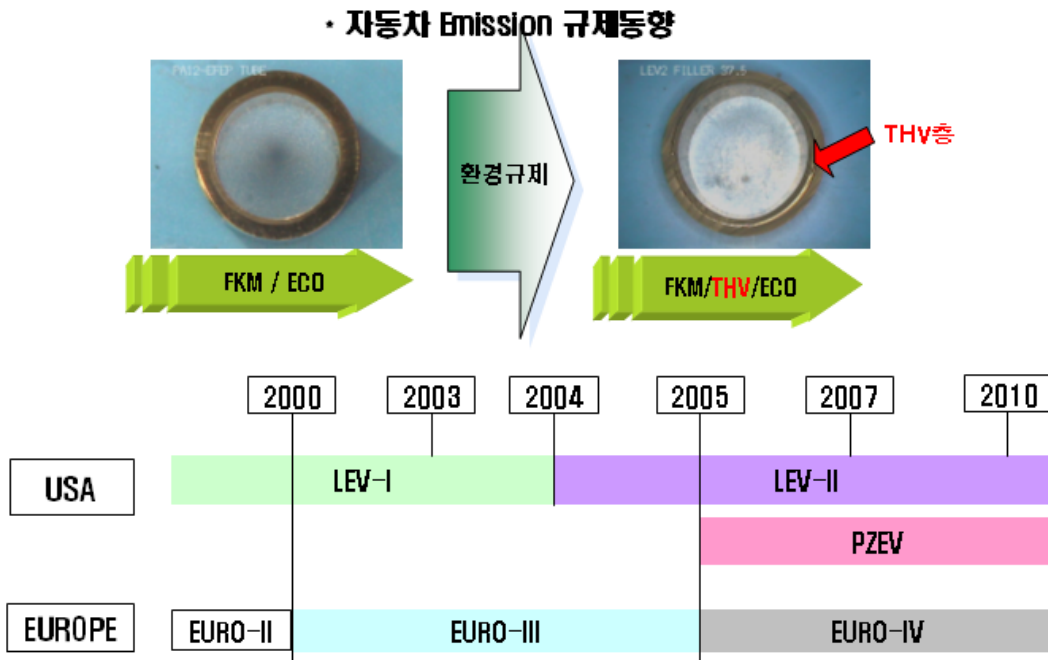


Figure 2. Present condition of the evaporation gas regulation automotive hose.

계통에 사용되는 각종 씰, 가스켓류, 그리고 각종 냉매의 호스 및 씰류 까지 매우 커지게 된다. 특히 냉매의 경우 차량용, 가정용 에어컨 뿐 아니라 냉장고, 냉장건물, 산업용 등으로 많이 사용하는데, 압력 강하를 통해 온도를 떨어뜨리고 다시 이를 고압으로 응축하는 등의 급격한 압력 변화를 요구하기 때문에 냉매의 외부 유출 방지를 위한 호스 및 씰 등의 고차단성 재료의 개발은 더욱 절실한 실정이다. 특히 냉매의 경우

급격한 압력 변화와 동시에 급격한 온도변화를 일으켜 호스재료나 씰류의 재료는 극한의 내한성을 가지는 탄성체가 아니면 적용이 어려우나, 앞에서 기술한 것처럼 대부분의 탄성체는 결정성이 없거나 낮아 기체나 액체의 차단성이 매우 낮다. 특히 프레온 등의 냉매는 오존층의 파괴를 초래하게 되어 배출 기준을 엄격하게 관리하여야 한다. LNG 및 LPG 운반선, 저장 시설, 운송수단 등에도 이와 같은 이유로 차단성 재료의 개발

이 필요한 실정이다.

## II. 연료탱크

연료계통 고차단 기술은 앞에서 기술한 바와 같이 증발가스에 대한 환경규제가 날로 심하여 'zero emission'의 추세에 따라 기술을 개발해야 한다. 연료탱크는 연료호스 및 주변 시스템과 밀접한 관계가 있으므로 다루어 보았다.

연료탱크는 Fuel Pump, Fuel Line, 압력조절 Valve 등으로 구성되어 있다. 기존에는 Steel재질의 연료탱크가 사용되어 왔으나 최근 연비향상을 위한 경량화를 목표로 플라스틱 연료탱크가 개발되어 사용되고 있다. 플라스틱 연료탱크는 Steel대비 30~40%의 경량화, 연료저장량이 약 25% 증대, 내부식성, Cost Down 등의 장점이 있어 점차 대체되고 있는 실정이다. 재질은 HDPE(고밀도폴리에틸렌)를 주로 사용하고 있으며 연료투과 차단층은 Nylon(나일론) 혹은 EVOH(에틸비닐알코올)가 사용된다.

자동차 제조회사에서는 강화되는 증발가스 규제에 대응하기 위한 대비책으로 자동차 연료탱크의 수지화가 한층 진행될 전망이다. 그 이유는 녹색에 강하다는 특징이 점차 평가를 받고 있기 때문이다. 특히, 북미에서는 96년에 35%였던 수지화 비율이 2001년에는 50%이상 적용되었으며 현재는 80%이상의 자동차에 적용되고 있다. 구주에서도 96년 66%였던 수지화율이 2001년에는 80%이상 적용되고 있으며 향후 거의 모든 자동차의 연료탱크는 플라스틱화될 것으로 전망되어 가스투과 차단성이 우수한 연료탱크개발에 많은 노력을 기울이고 있다.

EU에서 자동차 연료탱크의 수지화가 한층 진행될 전망이

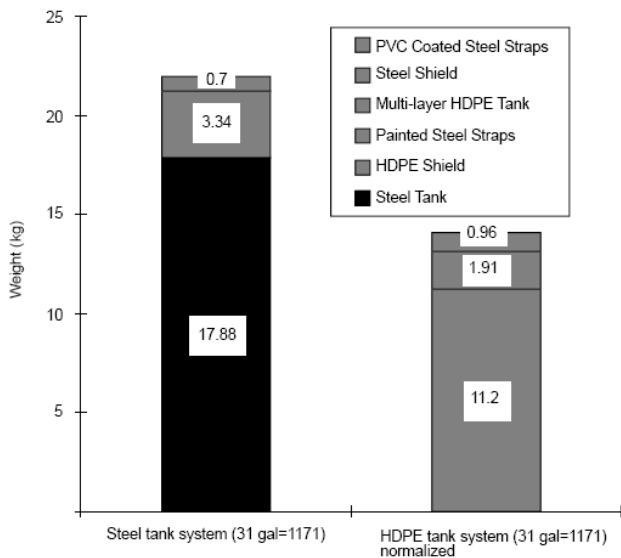


Figure 3. The effect of light weight in plastic fuel tank and metal fuel tanks.

며, 이는 녹색에 강하다는 특징이 점차 평가를 받고 있기 때문이다. 특히, 북미에서는 96년에 35%였던 수지화 비율이 2001년에는 50%이상 적용되었으며 현재는 80%이상의 자동차에 적용되고 있다. 구주에서도 96년 66%였던 수지화율이 2001년에는 80%이상 적용되고 있으며 향후 거의 모든 자동차의 연료탱크는 플라스틱화될 것으로 전망되어 가스투과 차단성이 우수한 연료탱크개발에 많은 노력을 기울이고 있다.

연료탱크를 수지화하는 장점은 녹방지 외에 형상자유도 및 경량화 요소가 있다. 일본에서는 형상의 자유도가 높은 것이 채용의 핵심이 되고 있으며, 닛산자동차를 중심으로 실용화되고 있다. 수지제 연료탱크에 사용되는 재료는 고밀도 폴리에틸렌(HDPE, 차단층은 나일론 혹은 EVOH)으로, 일본에서의 수지사용량은 현재 5천톤 정도이다.

최근에는 북미에서 일산화탄소배출량을 억제하기 위해 알코올을 첨가한 가솔린연료 사용량이 증가하고 있다. 또한 자동차의 주행시 및 연료주입시의 증발가스를 규제하기 위하여 LEV-II, P-ZEV규제법이 시행되고 있어 이에 대처하기 위한 신기술이 개발되고 있다.

설계자들이 차를 만들 때 가장 고민하는 부분 중 하나는 부피가 큰 부품들의 형상과 배치다. 연료탱크처럼 무겁고 공간을 많이 차지하는 부품은 문제가 많이 있어 최근에는 연료탱크는 형상이 복잡해지고 소재도 스틸에서 점차 플라스틱으로 바뀌고 있는 추세다.

독일의 부품업체 VDO는 연료량을 정확히 측정하는 연료공급장치의 개발에 이어 최근 이 장치에 주변부속을 결합한 연료탱크모듈을 선보였다. 이 제품은 유사기능을 가진 부품들을 모듈화해 연료공급과 저장, 연료량 측정 등을 최적화이다. 이로써 자동차메이커들은 연료탱크 개발에 들던 시간과 연구인력, 조립시간 등을 줄일 수 있게 되었다.

새 연료탱크모듈은 강력한 터빈모터와 무보수 펌프, 압축 레귤레이터 등을 최소공간에 설치한 연료공급장치를 써 연소에 필요한 양만 공급함으로써 미연소된 뜨거운 연료가 탱크로 돌아오는 것을 막았다. 연료온도를 최대한 낮출 수 있어 최근 사용이 일반화되고 있는 플라스틱 연료탱크의 응용범위를 넓혔다. 특히 증발가스 감소는 물론 비용절감도 가능해졌다. 이 제품의 또 다른 특징은 차의 연소상태에 따라 연료펌프의 작동이 조절된다는 점이다. 무게 300 g에 소음까지 줄인 이 펌프는 탱크의 온도상승을 막아준다. 기존 제품보다 25% 낮은 비용으로 최대 3 bar까지 연료압력을 유지할 수 있는 것도 장점이다. VDO의 특이한 펌프 임펠러의 V형 날개 덕분이다. 이 날개는 기존의 기어형 펌프보다 성능과 효율면에서 뛰어나다는 평가를 받고 있다.

국내에서는 2002년부터 북미에 수출하는 차종에 적용되는 플라스틱 연료탱크의 증발가스를 줄이기 위해 많은 연구들을 진행하고 있지만 아직 생산중인 기업이 없으며, 이러한 CVR (Completed Vapor Recovery) System 및 SIB(Ship In Bottle)

System기술이 북미 증발가스규제에 대응할 수 있는 신기술이다.

### III. 에어백

#### 1. 에어백 기능

에어백은 수년 간 자동차의 일반적인 부품이었다. 에어백 소유 차량 수는 오는 5년에서 8년까지 두 배가 될 것으로 예상된다. 운전석과 앞쪽 승객의 에어백에 더하여, 증가하는 잠재성은 측면의 충격에 대한 보호를 위해 다양한 시스템이 들어가는 것이다. 더욱이 무릎이나 발을 보호하는 에어백, 팽창식의 머리받침, 역시 팽창식의 안전 벨트 또는 보행자를 보호하기 위한 외부의 에어백도 있다

에어백의 소재들은 서로 다른 에어백 유형에 맞게 최적화되었다. 운전자와 앞쪽의 승객을 위한 에어백은 승객으로부터 거리 때문에 서로 다른 요구조건을 가지며 1/1000초 내에 팽창해야만 한다. 자동차의 전복사고 에어백은 5초 동안은 팽창이 지속되어야 하기 때문에 더욱 뛰어난 내구성이 있어야한다.

에어백 기술은 발전되고 완벽해짐에 따라 더욱 확실하고 내구성 있는 직물 소재가 사용이 되어진다. 대부분의 에어백은 현재 실리콘 코팅된 나일론 직물로 만들어진다. 실리콘으로 코팅된 나일론 직물은 시간에 대한 눈에 띄는 내구성을 보인다. 이것은 에어백이 여러 해 동안 고정된 상태로 있는 후에도 정확히 작동해야하기 때문에 가장 중요하다.(Figure 4)

이처럼 에어백의 역할은 사고시 운전자 및 탑승자의 생명보호를 위해 에어백 쿠션재에 가스가 일시적으로 충전되었다 빠지는 메카니즘으로 작동한다. 에어백 쿠션재 소재로서 나일론66소재를 이용하여 원단을 제조하고 원단표면에 실리콘재질로 표면코팅하여 안전하게 부풀려졌다가 공기가 빠지는 구조로 되어 있기 때문에 에어백구성품의 전용소재이며 일반적인 방직용 섬유와는 다른 특성으로 제조된다.

#### 2. 에어백 시장

자동차 부품중 중요한 에어백 기포지 국내 생산업체는 (주)코오롱글로벌, (주)효성, (주)두울 등이 있다. (주)코오롱은 국내시장의 70%를 점유하고 있으며, (주)두울은 25%, (주)효성

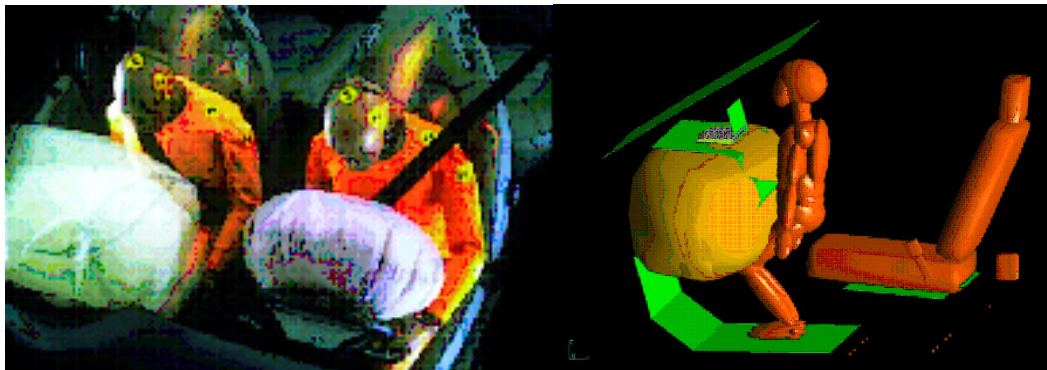


Figure 4. Function of air barrier coatings in air bag.

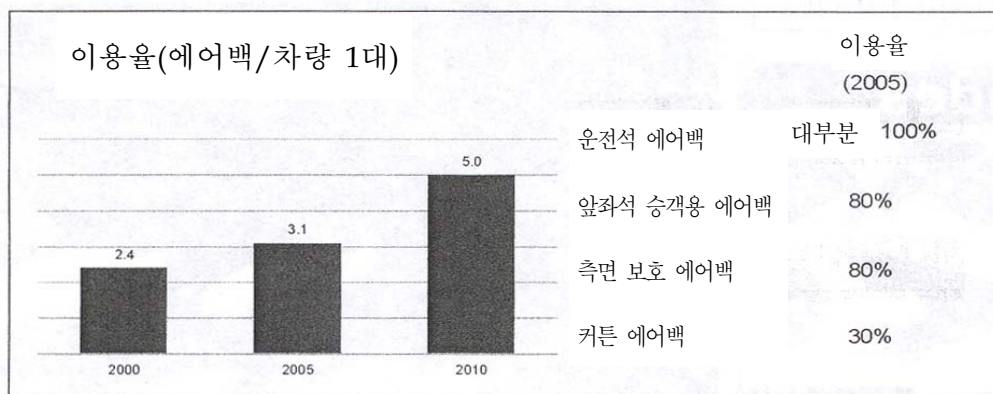


Figure 5. Progress in the application of air bag for vehicle.

은 5%정도의 시장점유율을 나타내었고 특히, 자동차 에어백 용 기포지는 나일론 66 원사로 구성되어 있으며 특수섬유처리 공정을 거쳐 강도와 내구성이 2배 이상 우수한 것을 사용하고 있다.

그러나 에어백 기포지에 사용되는 실리콘 코팅재는 현재 전량 수입에 의존하고 있다. 에어백 기포지는 실리콘 코팅된 나일론 직물로 만들어 지며 실리콘으로 코팅된 나일론 직물은 장기내구신뢰성이 우수해야 한다. 이것은 에어백이 여러 해 동안 고정된 상태로 방치된 후에도 정확히 작동해야하기 때문에 가장 중요한 물성이다. 실리콘 코팅처리는 새로운 에어백의 디자인, 가스차단 및 방출효과를 적절하게 유지해야 한다. 에어백 기포지용 실리콘 코팅층은 뜨겁게 생성되어 분출되는 가스로부터 나일론 섬유층을 보호한다. 실리콘 코팅층은 고유의 기공이 많은 나일론섬유 층의 가스투과를 효과적으로 조절시켜 주는 역할을 하며 이러한 성능은 에어백 작동시 탑승자의 안전과도 직결된 중요한 문제이다.

3. 에어백 제조 기술동향

현재 트렌드는 코팅무게를 감소시키기 위한 물에 기초한 시스템, 빠른 열처리에 의한 비용 면에서의 더욱 효율적인 공정, 그리고 쉬운 제작을 위해 마찰 계수를 줄인 제품으로 진행

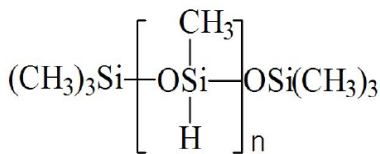


Figure 6. Chemical structure of silicon coatings used to air bag base air barrier fabric.

되고 있다. 실리콘 산업은 이러한 목적을 위해 여러가지 새로운 제품으로 개발이 되고 있다.

Topcoat(보호막)는 코팅된 표면을 개질하는데 사용이 된다. Topcoat는 매트나 광택 효과를 부여하고, 실리콘 코팅된 직물에 건조한 촉감을 부여한다. Wacker Silicone은 쉽게 깨끗해지는 실리콘처리 직물을 만들기 위해 새로운 실리콘 보호막을 개발했다.

보호막은 우수한 필름 형성 능력을 가지며, 실리콘 접착제와 우수한 결합능력의 성질을 가진다. 또한 보호막은 기질의 오염을 예방하고, 부드러움과 뭉침이 없는 표면을 제공한다. 보호막은 그 자체가 투명하며, 열에도 내구성을 가지도록 설계되어 있다.<sup>15-17</sup>

새롭게 개발된 실리콘 코팅재는 열을 가했을 때 빠르게 건조되는 오랜 저장 수명을 가진 하나의 중요한 제품이다. 그 제품은 접착 결합에서 매우 우수한 점성을 가진 실리콘 고무에 기초한다. 가장 중요한 혁신은 새롭게 개발된 촉매 시스템

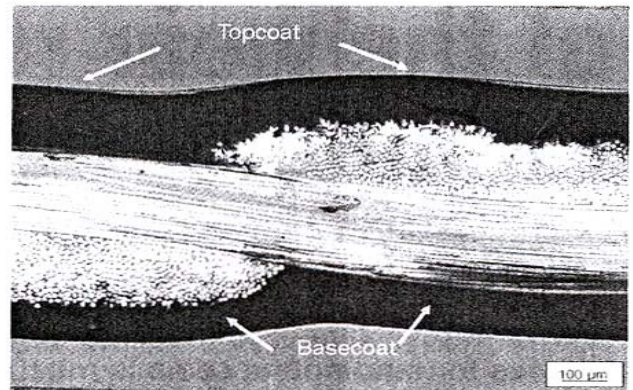


Figure 8. Coating structure of air bag base air barrier coatings.

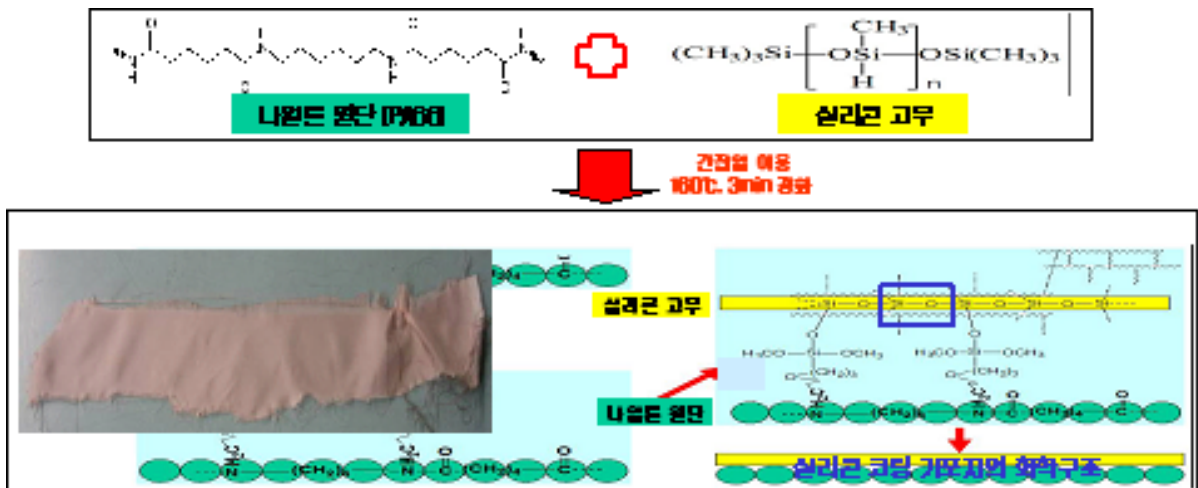


Figure 7. Structure of air bag base air barrier fabric.

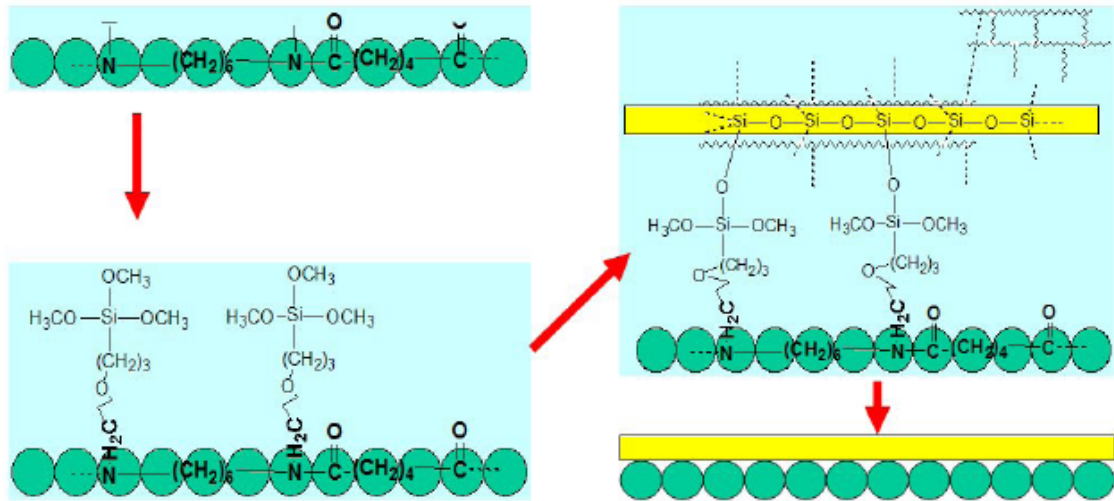


Figure 9. A part of air bag base air barrier coatings.



Figure 10. Types of air bag for vehicle.

에 의해 발전된다. 새로운 촉매는 가공된 코팅재는 적어도 3달 동안은 블록이나 시트로 저장이 가능하다. 새로운 코팅재는 열을 가했을 때만 빠르게 건조되며 금속, 유리 섬유 직물과 나일론 직물과 매우 잘 결합되며, 압축·가압 또는 캘린더링에 의해 리본이나 필름, 시트 형태로 가공하여도 가공성이 우수하다.

최적화 된 특성을 가진 새로운 소재를 찾기 위하여, 인테리어 장식 요소 또한 실리콘 고무로 코팅한 것이 증가되고 있다. 실리콘 고무를 등급은 코팅 직물, 부직포 또는 편직물에 적합하다. 실리콘 고무는 900%까지의 높은 신장율과 고온에 대한 우수한 내구성의 덕택으로, 모든 공정에서의 운행에 잘 견딘다. 실리콘 고무를 등급은 매우 투명하거나 또는 불투명하며, 필름에 의해서는 불용성이 될 수도 있다. 표면은 만짐새가 건조하거나, 제품 등급이 사용되어지는 것에 의존하는 높은 마

찰 계수를 가져 부드러울 수도 있다. 실리콘 고무 등급의 블록킹(blocking) 성질은 예를 들면, 코팅된 미끄럼방지 매트 등이 주요부분으로 조사되어졌다. 다른 응용분야는 내열성 롤러 블라인드와 소등 블라인드이다. 실리콘 코팅된 직물의 유연성과 날씨와 환경의 영향에 대한 내구성은 변환할 수 있는 지붕과 같은 곳에 이용이 된다.

#### IV. 씰(Seal)

자동차 부품의 Seal에는 대표적으로 오일씰, 오링, 웨더씰(Weather Seal), 가스씰이 있다.

##### 1. 오일씰

오일씰은 기계작동을 원활하게 하기 위해서 오일을 넣는 부분에 기계틈새로 오일이 누유되는 것을 방지하기 위한 밀봉체이다.

자동차에는 엔진 부분에 사용되어지고 있고 엔진 피스톤의 왕복운동이 커넥팅 로드에서 크랭크축의 회전운동으로 변환되어지는데 회전축과 케이스 또는 왕복하는 축과 케이스 사이의 밀봉장치가 오일씰이다.

오일씰은 Figure 11와 같이 Lip부와 Fitting부로 구성되는데 Fitting부는 오일씰을 하우징에 고정함과 동시에 오일씰 외주변과 하우징 내면과의 접촉면사이를 유체의 누유 또는 침입을 방지할 역할을 한다.

Lip부는 Lip선단부와 Seal Lip과 먼지침입을 방지하는 Dust Lip부로 구성되어 밀봉을 철저히 하도록 구성되어 있다.

Lip의 재료로는 니트릴고무(NBR), 아크릴고무, 실리콘고무, 불소고무를 사용하고 있다. 종래에는 내유성이 좋은 NBR

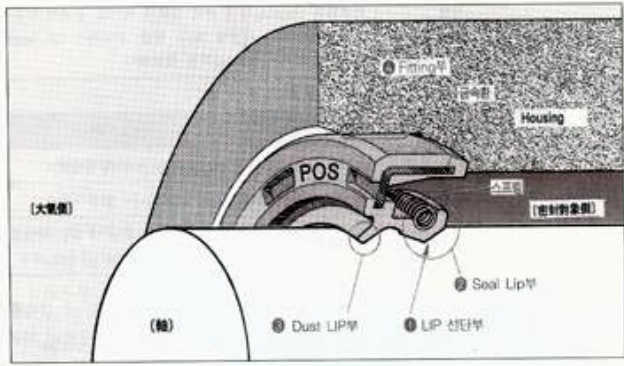


Figure 11. Structure of oil seal.

을 주로 사용하였으나 엔진의 사용 환경 온도가 높아져 내열성도 동시에 요구되는 재료로 불소고무로 대체되고 있다.

2. 가스씰

가스씰은 오일씰과 비슷하나 가스의 누유를 방지하는 것만 오일씰과 다르다. 주로 트렁크나 본넷의 여닫이를 편리하게 하여주는 역할을 하여주나 최근 고급사양의 자동차에서는 모터의 구동력을 이용하여 가스씰을 대신하고 있다.

3. 오링(O-ring)

오링은 단면이 O형의 원형 팩킹으로 일반적으로 홈에 장착하여 적당히 압축시켜 기름, 물, 공기, 가스 등 다양한 유체의 밀봉제(Seal)로서 사용되는 고무부품을 일컫는다.

O링은 조립 후 압축시에 발생하는 응력에 의해 밀봉 기능을 발휘하고 있는것으로써 이상변형을 일으키지 않는 범위에서

적절한 응력을 가지는것이 기본적으로 요구되는 성질이다. Figure 12에 오링의 요구성질을 나타내었다.

이렇듯 다양한 성질을 가지는 고무재료로서 천연고무보다는 합성고무가 적당하다. 그러나 이와 같은 성질을 모두 만족하는 것은 어렵기 때문에 각각의 용도에 맞게 재료를 분류하여 사용하여야 한다.

4. 웨더 씰(Weather Seal)

자동차의 Weather Seal은 자동차의 차체 및 창유리에 부착되어 차체의 밀봉기능을 하여 안락성 및 안정성을 부여하는 부품이다. 자동차의 부분에 따라 Seal의 종류와 형상이 결정된다. Table 1에 이를 정리하였다.

웨더스트립(Weather Strip)은 외부환경에 노출 되어 있거나 주요 차체(main body)나 문(door) 또는 트렁크 틈새에 장착되기 때문에 가혹한 환경조건을 고려하지 않으면 자동차의 전체적인 기능 및 내구성을 저하시킬 수 있다.

요구되는 사항으로는 내후성, 내열성, 내오존성이 있어 고무재료로는 EPDM이 사용되고 있고 특히 형상이 복잡한 Glass Run제품과 Hood Seal 등이 스폰지 제품에 따른 TPE 발포체로서 개발되고 있다. 이는 1995년에 자동차 후드씰로 재활용성,

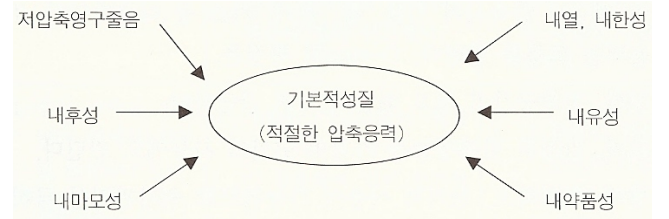


Figure 12. The request character of o-ring.

Table 1. Types of Weather Seal for Vehicle, Function and Configuration

종 류	기 능	구 성
Fixed Window Seal	-Glass를 잡아주는 기능	-Fixed Seal : 사출/프레스성형 -단일/이중경도/이중고무/Sponge
Flange Seal	-고정부와 유동부의 Seal -먼지/물 차단 -접촉부에서 일정 Sealing Force로 Flange Cover역할	-장착부 : 금속 Wire Insert 압출물 -Sponge 고무
Primary Seal	-차체와 Door의 일차적인 Sealing -먼지/물/소음 차단	-장착부 : 금속 Wire Insert 압출물 -이중경도(고무/Sponge)압출물
Secondary Seal	-Primary Seal 보조 -Door와 Seal 사이 공간으로 물/먼지 등 흘러내림 -Door 하부 Edge부 막아줌	-Sponge 또는 Sponge/순고무 조합 2중, 3중 압출물
Glass Run	-유동 Glass의 Sliding Guide -Glass와 Door의 Sealing역할	-연속가류물 Joint부 Flocking -Glass 접촉부 Coating
Belt Strip Seal	-Body와 Door Glass사이 틈새 Sealing -창문 이동저항 최소/습기, 소음, 먼지 Sealing	-다중압출 -금속 Insert사용 -Glass 접촉부 Flocking 처리

Table 2. Comparison of TPE and EPDM for Hood Seal

항 목	단 위	수발포 TPE Sponge	EPDM Sponge
비중	g/cm <sup>2</sup>	0.49	0.65
압출품 중량	g/m	4.8	15.4
내열성 (-30℃~80℃*5Cycle)	-	변화없음	변화없음
저온 취화 온도	℃	-40℃ 이하	-40℃ 이하
변형하중(40%압축)	kg/100mm	0.79	0.55
압축영구줄임율(%)			
70℃*22 hrs	%	20	9
100℃*22 hrs	%	23	37

저비용 등의 이유로 적용되고 있고 이는 점점 확산되리라 본다.

Table 2에 Hood Seal의 TPE(18)와 EPDM을 비교하여 나타내었다.

## V. 결 론

자동차 고무부품에 사용되는 차단성 고무재료에 대해서 알아보았다. 여기서 고차단화 기술이라 함은 투과물질에 투과 차단을 극대화하는 기술을 말한다. 고무소재는 타 소재(금속, 세라믹, 플라스틱)에 비하여 구조상 투과성이 높지만 유연하고 질기다는 장점이 있어서 차단성 부품에 사용되고 있다. 그러나 다른 소재보다는 구조상 비정질이므로 차단성에서 약점을 보여 이를 고차단하기 위해서 나노 복합화 또는 다층 기술로서 차단효과를 향상시키고자 하고 있다. 특히 요사이 배기 가스 규제에 대비하여 고차단성 탄성소재의 기술개발이 중요하다고 할 수 있다.

## 후 기

본 과제(연구)는 지식경제부의 소재원천사업으로 수행된 결과임.

## 참 고 문 헌

1. Z.X. Xin, Z.X. Zhang, K. Pal, J.U. Byeon, S.H. Lee, and J.K. Kim, *Materials and Design*, **31**, 589 (2010).
2. B.S. Zhang, X.F. Lv, Z.X. Zhang, Y. Lu, J.K. Kim, and Z.X. Xin, *Materials and Design*, **31**, 3106 (2010).
3. J. K. Kim and K. Pal, "Recent Advances in the Processing of WPC", Springer (2011).
4. Z.X. Xin, Z.X. Zhang B.S. Zhang K. Pal D. Xu, S.H. Lee, and J.K. Kim, *J. of Composite Materials*, **43**, 3003 (2009).
5. Z.X. Xin, Z.X. Zhang, K. Pal, D.J. Kang, S.H. Lee, and J.K. Kim, *Journal of Vinyl and Additive Technology*, **15**, 275 (2009).
6. D.J. Kang, D. Xu, Z.X. Zhang, K. Pal, D.S. Bang, and J.K. Kim, *Macromolecular Material and Engineering*, **294**, 620 (2009).
7. Z.X. Xin, Z.X. Zhang, K. Pal, K.J. Kim, D.J. Kang, D.S. Bang, and J.K. Kim, *Journal of Cellular Plastics*, **45**, 499 (2009).
8. T.J. Pinnavaia, "Polymer-Clay Nano Composites", Wiley Inter-Science (2003).
9. S. J. Park and K. S. Cho, *J. Colloid Interface. Sci.*, **267**, 86 (2003).
10. S. J. Park, K. S. Cho, and S. K. Ryu, *Carbon*, **41**, 1437 (2003).
11. S. J. Park, S. Y. Jin, and S. Kaang, *Mater. Sci. Engin. A*, **398**, 137 (2005).
12. S. J. Park, M. K. Seo, and C. Nah, *J. Colloid Interface. Sci.*, **291**, 229 (2005).
13. S. J. Park and J. S. Kim, *J. Colloid Interface Sci.*, **232**, 311 (2000).
14. Z.W. Wicks, "Organic coatings", Wiley Inter-Science, (2007).
15. A. Goldschmidt, H. J. Streitberger, "BASF handbook on coating technology, BASF Coatings", AG, Hannover, Germany (2003).
16. T.A. Polak and G.D. Wilcox, "Handbook of surface treatments and coatings", Professional Engineering Publishing, London, UK, (2003).
17. J.J. Florlo and D.J. Miller, "Handbook of coatings additives, 2nd ed", Marcel Dekker, New York (2004).
18. 서홍석, "열가소성 엘라스토머 기술동향", 한국과학기술정보원 (2003).