

# 轉換期的 自動車用 TPE 素材에의 對應

李 省 勳

## 1. 서 론

열가소성고무는 1950년대 처음 소개된 이래로 꾸준한 사용량의 증가로 매년 7~9%의 속도로 그 사용량이 증가하고 있다. 국제 합성고무 생산자협회의 발표(IISRP, 1995.5)에 의한 세계 TPE수요를 보면 93년도에 76.6만톤, 94년에 83.3만톤, 95년도에 90.9만톤으로 추정하고 있다. 즉 94년에서 99년까지 연평균 증가율 7.4%를 유지한다면 99년도에는 118.8만톤에 달할 것으로 보고 있다.(Table 1 참조) 이는 고

무(0~2%) 및 열가소성 플라스틱(1~4%)의 낮은 증가율에 비하면 상당히 대조적이다.

자동차 분야는 열가소성 고무의 주요 사용처로 전세계 TPE사용량의 약 25% 이상을 차지하고 있다. (Table 2 참조) 차 1대당 고무의 사용비율은 차전체 무게 대비 약 4.25~4.5%로서 (미국차의 경우 약 64kg) 그 비율은 70년대 이후 거의 변하지 않고 있으며 그중 tire가 차지하는 비중은 60~65%이고, 단순한 grommet류에서 고성능을 요구하는 등속 조인트 boot나 radial lip seal등 600~700여개의 부품이 그 나머지를 차지하고 있다.

Table 1. 세계 TPE 사용량

(1993-1999, 단위 1,000톤)

지역 \ 년도	1993	1994	1995	1999
서 부 유 럽	285	299	314	371
북 미	320	258	287	496
남 미	9.3	12	18	24
아시아/오세아니아	138	148	154	179
중 동 / 아 프 리 카	5	5.5	5.9	7.7
기 타	9	10	30	110
TOTAL	766	833	909	1188

Table 2. 분야별 TPE 사용량

(북미, 1,000톤)

년도	1992년	1997
TPE 전 체	289.8	385.6
자 동 차	86.6	122.5
산 업 용 품	66.2	83.9
신 발	53.5	57.2
가 전 제 품	27.2	41.7
전 선	23.1	29
의 료 용	13.1	20.4
건 축 용	5.0	10.9
기 타	14.9	19.95

現代自動車株式會社 乘用製品開發1研究所  
非金屬材料技術팀 課長

지난 20여년간 전체 고무 사용량이 크게 변하지는 않았지만 많은 주요 부품 영역에서 열경화성 고무를 대체하는, 즉 TPE 분야로의 재료내부적 교체가 일어나고 있다. 차량 1대당 TPE사용량은 1980년대에 3.5kg에서 1990년대에 4kg 1995년에는 6.5kg(특정 북미 차종)을 사용하고 있어 그 사용량이 점차 늘어나고 있다. 즉 전체 고무사용량 대비 TPE의 사용량은 1990년에 8%에서 1995년도에는 10%, 2000년에는 15%로 그 사용량이 대폭적으로 증가될 것으로 예상 되고 있다.

## 2. TPE의 장점

열가소성 고무는 열가소성 플라스틱의 쉽고, 효율적이고 경제적인 특성과 열경화성 고무의 물성과 성능을 잘 연결시켜 주는 소재이다. TPE는 일반적으로 6개로 크게 분류되는데 styrenics, olefinics(TPOs), TPV, polyamides, polyurethanes와 copolyesters로 분류가 된다. 북미의 경우 TPV가 제일 높은 성장률(14%)을 나타내고 있다. 일반적으로 열가소성 고무는 열경화성 고무에 대비하여 원가절감, 설계의 자유도 및 유연성 부여한 통합화 설계가능, 재활용 가능, 부품의 질과 성능을 올릴 수 있는 4가지의 장점을 가지고 있다.

비록 열가소성 고무가 열경화성 고무에 대비하여 원재료비가 고가이나 대부분의 경우 TPE의 최종 제품 단가는 열경화성 고무 부품 대비 저렴하다. 그 비교를 Table 3에 나타내었다. 가황고무의 경우는 혼련과 가황공정을 거치기 때문에 플라스틱 성형기로 성형을 하는 TPE보다 가공 공정상 에너지 및 시간이 많이 소비되어 cost 측면에서 불리하다. 즉 total cost 측면에서 TPE를 사용하는 것이 유리하는 것이다. 이러한 절감요인을 다시 말하면 낮은 비중, 짧은 성형시간, 적은 에너지 사용 및 재사용에 있다.

TPE는 설계자들이 부품간에 단차를 줄이게 하여

Table 3. 자동차용 Hood內的 Tube에 대한 Cost 비교  
(비교단위 WW)

	열경화성 가황고무 TUBE	동적가황형 TPE TUBE
원료고무	30	60
층 전 제	25	不要
혼 합	2	不要
가황 및 압출공정 포 장	23	10(가황공정不要)
	2	2
TOTAL COST	82	72

많은 설계자유도를 제공한다. 예를들어 고무, 플라스틱 및 금속등 여러가지 재료의 부분품으로 이루어진 부품의 경우 TPE 단독으로 만들어 생산 공정을 단순화 시키고, 원가를 절감시킬 수 있다. Color화가 가능한 것도 설계 자유도를 부여하는 중요한 요소이기도 하다.

고무에 비하여 TPE의 다른 장점은 그의 재활용화에 있다. 폐기물 매립비용의 증가와 더불어 환경보호에 대한 관심의 증대는 자동차 업계에게 재활용이 가능한 재료의 사용을 증대 시키고, 분해가 쉬운 자동차를 설계하도록 요구하고 있다.

고무와 달리 TPE는 추가의 배합이 필요가 없기에 batch간 물성차리를 극복할 수 있어 최종제품의 높은 품질과 동질성을 유지할 수 있다. 소재원가, 설계자유도 및 균질성도 중요하지만, 소재의 진정한 평가는 실제 사용 조건하에서의 성능에 의해 결정된다. 자동차용 고무부품은 다양한 기능과 광범위한 환경조건하에서 그 기능을 충족 시켜야만 한다. 엔진과 도로에서 들어오는 진동절연, 유체밀봉, 먼지차단 소음저감, 유체이송, 동적 유연성 제공, 정, 동적긴발력유지, 그리고 일반적으로 강도 및 유연성 유지를 위하여 그러한 부품들이 사용된다. 이러한 부품들은 고온, 고분자 침해성 유체, UV 및 오존 폭로등 광범위하고 도전적인 조건과 환경하에서도 작동을 해야 한다. 일반적으로 TPE는 많은 전통적인 고무 부품영역에서 고무와 동등하거나 일부 우수한 성능을 발휘한다.

### 3. 자동차 업계 동향

열경화성 고무를 TPE로 변경 적용하는 것을 빠르게 추진시키는 이유를 이해하려면 현재의 자동차 산업계의 동향을 살펴 보면된다. 세계의 자동차 산업계는 경기 후퇴에 따른 성장이 둔화되면서 재편되고 있고, 점점 가혹해지는 각종 법규제 및 심화되는 경쟁에 대응하기 위한 노력을 하고 있다. 이에 자동차 업계는 많은 고무부품을 가능하면 TPE로 대체하려고 검토하고 있다. 이러한 자동차 업계의 동향을 자동차 산업부문, 정부 사회적 부문, 기술적인 부문으로 나누어 설명하고자 한다.

자동차 업계의 가장 중요한 관심은 자동차 산업 부문 모든 가능한 분야까지 원가절감이다. 이 결과 통합 설계 및 엔지니어링이 이루어지고 있고, 부품공급업체를 줄이는 방향으로 개발정책이 전파될 것이며, 결국에는 주요한 system supplier만 성장하고 증가하게 될 것이다. 자동차 업계는 점점 더 전세계적인 생산기지를 늘리고 있고, 설계, 구매, 부품 및 자동차의 생산을 전체적인 원가구조와 수익성을 개선하는 방향으로 지역 구분 없이 세계적으로 추진하고 있다.

점점 증가하는 법규제는 자동차 업계에 안전도 및 연비향상, 자원재활용과 환경 친화적인 재료를 사용하도록 유도하고 있다. 비록 대부분 이러한 요구가 정부에 의해서 입안되고 시작 되지만 바로 소비자들에게 채택이 되고 많은 경우에 공공의 요구사항이 되어 이제는 정부의 규제를 능가하고 있다. 그 좋은 일 예가 air bag인데, 그것이 자동차 안전의 척도가 되었고, 자동차 업계에서도 정부의 법규제 보다 빨리 채용하여 그것을 효과적이고 차별적인 판매전략에 이용하고 있다.

자동차 업계는 또한 기술적 성능 요구사항의 진보에 효과적으로 대처해 나가려고 노력하고 있다. 좀 더 치밀하고, 작고 aerodynamic한 엔진 부품들을 채용한 고성능 엔진들은 엔진룸의 온도를 평균적으로 매년 1~2°C씩 올리고 있다. 또한, 자동차의 보증기간 연장 요구에 따른 부품들의 향상된 성능과 내구성을 요구하

고 있다. 경량화 및 수개의 부품을 통합하는 것은 전체적인 원가절감과 연비개선에 아주 중요하다. 쾌적하고 안락한 거주성을 요구하는 소비자들은 자동차의 N.V.H(Noise, Vibration & Harshness)향상을 요구하고 있고, 계속적으로 요구되는 환경적인 issue는 자동차업계로 하여금 해체가 용이하고 재활용이 가능한 환경 친화적인 재료를 더 많이 사용한 자동차를 설계하고 생산하도록 유도 하고 있는 상황이다.

### 4. 자동차 적용사례

TPE가 자동차업계에 요구되는 상황에 잘 부합되는 재료는 분명하고, 많은 자동차용 고무부품들을 계속해서 대체해 나갈 것으로 예상 되고 있다. 주로 가장 활발하고 성공적으로 대체가 이루어지고 있는 TPV의 주요 적용사례를 제조공법에 따라 분류하여 설명하고자 한다.

#### 4.1 blow molding에 의한 TPV의 적용사례

TPV를 이용한 blow molding 공법은 고무로는 제조하기 어렵거나 비용이 많이드는 복잡한 hollow부품을 설계, 제조할 수 있게 한다. 그 예로서 rack & pinion boot 및 air intake hose를 들 수 있다. rack & pinion boot는 먼지나 물 또는 다른 이물질로부터 steering gear를 보호하는 부품이다. TPV는 CR고무 대비하여 내화학약품성, 인열강도, 파괴강도 그리고 내피로특성이 우수하고 경량화가 가능하였고, 약 40~50%의 원가절감을 실현하여 성공적으로 CR고무를 대체하여 사용하고 있다.

Air intake hose는 air filter로부터 throttle body까지 여과된 공기를 이송하는 hose로 양끝단을 긴밀하게 밀봉을 하여야 하고, 증발 가스, 기름, 그리이스에 대한 내성이 있어야 한다. TPV는 이러한 critical한 적용분야에서 EPDM과 ECO를 성공적으로 대체하고 있다. TPV air intake hose는 부압에 견디기 위해 고무처럼 두께를 늘리기 보다는 구조적 요철을 두

면서 얇게 설계를 하여 고무hose 대비 약 50%의 경량화를 실현할 수 있다. 또한 TPV자체의 유연성 및 탄성을 이용하여 때문에 양단의 sealing을 위하여 별도의 조치가 필요하지는 않다. 일반적인 blowing molding 기술에 더하여 어떠한 air intake hose는 3차원 blow molding 기술을 이용하여 최근 복잡한 엔진부위에 적합하도록 hard한 부위와 flexible한 부위의 조합을 통하여 가격과 성능을 최적화 시킨 복합형상의 hose도 제조할 수 있다.

#### 4.2 사출성형에 의한 TPV 응용

TPV를 이용한 사출 성형은 고무에서는 얻을 수 없는 정교한 제품을 얻을 수 있다. 그래서 부품자체에 snap fit과 hinge를 넣도록 설계를 할 수 있으며, burr가 없고 blooming이 없는 부품 또한 쉽게 제조할 수 있다. TPV는 다른 TPV나 열가소성 플라스틱으로 이중 사출을 하여 사용하기도 하는데 상용성이 양호한 재료는 TPV와 양호한 계면접착을 이룰 수 있고, 비상용계의 경우에는 계면에 기타 물리적 결합을 사용할 수도 있다.

자동차용 over slam bumper는 사출 성형품에서 고무 즉 EPDM을 대체한 주요한 예중에 하나이다. 기존의 EPDM over slam bumper는 차체도장면에 오염이 발생하는 문제가 있어 차체 표면에 palmer tape라는 도막 보호용 투명 tape를 사용하였는데, 그도 크게 효과적이지 못하였다. 이를 개선하기 위하여 TPV를 채용 하였는데 성형성과 경량화를 위하여 내부를 hollow 상태로 유지하도록 설계가 되었고, 최근 이중 사출 기법을 이용하여 장착부는 hard한 열가소성 플라스틱으로 하고 차체 접촉부는 TPV를 사용한 부품도 개발이 되어 있는 상태이다.

Brake pedal pad의 TPV적용은 부품수를 줄이고 assembly를 단순화 시킨 좋은 예이다. 유리섬유 복합 PP insert를 사용하여 TPV pad를 붙임으로서 수작업에 의한 2차공정으로 붙이는 고무 pad를 대체하고 있다.

승용차용 body plug seal은 차의 매연 외부의 물, 발 소음을 차단하는 부품으로 차량 조립 line에서 hole을 막는 형태로 장착된다. PP에 TPV를 이중 사출하는 형태로 개발된 신규부품은 기존의 금속/EPDM 또는 순 EPDM고무를 대체 할 수 있다. 결국 2개의 구성품으로 된 것을 1개로 줄일 수 있다. TPV 소재부위는 수밀 밀봉 역할을 하고, PP는 강도를 유지하여 준다. 다른 효과는 dimensions의 안정화 적은 공차, 쉬운장착성, 경량화, 50% 이상의 원가절감이 된다고 판단되고 있다.

Timing belt cover seal은 insert injection molding process를 이용하여 개발한 부품이다. Timing belt는 crank shaft의 회전을 cam shaft로 정확하고 효과적으로 전달하는 부품으로서 일반적으로 EPDM고무 seal제가 접착된 talc가 함유된 PP cover로 보호되고 있다. 이 seal재는 조립공정중 2차 작업인 수작업으로 접착제를 발라 cover에 붙인다. 이러한 공정수를 줄이기 위해 RPV를 PP cover 내면에 둘러 사출 성형한 새로운 부품이 사용되고 있다. 즉, 부품수를 줄임과 동시에 새로 개발된 부품은 조립이 쉽고, 소음저감, 원가절감 및 tight한 dimensions 관리가 가능할 수 있다.

#### 4.3 압출공정에 의한 TPV 응용

압출은 다른 물성과 기능을 가진 여러 재료를 하나의 system으로 묶는데 아주 유용하다. TPV는 양호한 접착력을 가진 상용성이 있는 다른 재료 2중 또는 3중으로 압출을 할 수 있다.

Control cable cover에 TPV가 아주 유용하게 사용하고 있다. 주차 브레이크 cable이 그 좋은 예이다. 이 cable은 순수 wire 또는 여러겹으로 보호되는 복합 cable이 있는데 완벽하게 보호되지 못하면 시간이 경과함에 따라 부식 및 노화되어 기계식 brake에 힘을 유지하는 효율이 떨어지게 된다. 자동차의 보증기간 연장에 따라 부식, 외부충격에 의한 흠집, 염화칼슘에 대한 brake cable의 보호성능 개선 노력이 이루어

어지고 있는데, TPV는 cable위에 압출하여 원통형의 cable cover로 기존의 EPDM고무를 성공적으로 대체할 수 있다. 그 특성은 내마모성 향상, 원가절감, 내구성성이 늘어난 cable의 수명이다.

Fuel line cover는 TPV의 다른 적용분야중에 하나이다. 전통적으로 플라스틱 fuel line은 Nylon 내층에 내마모성, cut & flame resistance 및 내열성을 위해 CSM고무나 CPE로 cover를 씌워 사용하였다. 이러한 tube는 두가지 다른 재료를 각각 압출하고 나서, Nylon tube에 고무 tube를 끼워넣는 형식으로 최종 제품을 만든다. 고무 cover를 쉽게 끼워 넣기 위하여 Nylon tube의 외경보다 고무의 내경을 약간 크게 압출해야 하기 때문에 cover의 본래의 기능을 하기에는 약간 느슨하고 tight하지 못한 제품이 되기 쉽다. 고무 cover의 두께로 인한 연료 line assembly이 精度가 떨어지고 결국 조립 line에서의 문제가 발생할 소지가 있다. 결국 Nylon tube와 이중 압출에 의한 TPV의 적용은 조립성을 향상 시키고, 精度 문제를 해결할 수 있고, 또한 원가절감에도 기여할 수 있다.

결국 TPE는 많은 영역에서 응용되어 적용되고 있고, 공정의 효율성, 설계의 자유도, 원가절감 및 품질 향상에 기여하고 있어 향후 상당히 많은 고무 부품 영역에서 그 대체가 이루어질 것으로 예상되고 있다. 자원 재활용 분야까지 고려한다면 향후 고무에 비해서 더 많은 적용효과가 있을 것으로 예상된다.

## 5. 고무업계의 대응 방안 및 결론

최근 북미 및 유럽에서는 TPE의 쉽고 빠른 가공, 가공시 및 폐기시에도 가능한 재활용의 잇점을 이해한 고무업계가 현재의 사업을 잃게 된다는 위기감에 편승하여 TPE에 대한 관심이 늘고 있고 또한 플라스틱 성형장비에 대한 투자를 시작 했다고 보고 발표되고 있다. 과거에는 논의조차 못하던 weather strip분야까지도 진지하게 논의 되고 있다 한다. 이러한 대표적인 회사들은 유럽의 Contitech, Draflex, BTR,

Metzeler 등이며 hose분야도 마찬가지로 blow molding 복합 성형방안의 잇점을 이용할 방안에 연구가 진행되고 있다.

유럽의 경우는 70~80%의 TPE가 플라스틱 가공업계가 사용하고 있고, 그들은 hard plastic에서 soft TPE로 쉽고 빠르게 접근할 수 있는 능력을 가지고 있다. 그 반대로 TPE를 이용하여 생산을 원하는 고무업계는 설비에 대한 신규 투자를 해야만 하는 문제가 있다. 그러나 고무업계는 유연하고 탄성을 가진 재료에 익숙해 있으며 그러한 성질을 가진 재료를 이용한 부품설계 능력을 가지고 있으며 평가 능력을 가지고 있다.

그러나 아직까지 고무 배합자들은 TPE의 물성에 대하여 의심을 하고 있고, 고무의 고유한 물성 spec에 대비하여 TPE를 평가하려 하고 있다. 그러나 TPE를 적용하기 위한 접근은 기존의 고무 물성에 맞추어 접근하는 것이 아니라, 부품의 성능과 목적에 맞게 적절히 적용성 검토를 해야 한다. 재료나 부품 spec은 실제 사용하는 조건하에서의 기능 요구사항에 초점을 맞추어 결정되고 있다. 고무는 최대한 고무의 고유한 특성을 살리는 분야(즉, 내유, 내열, 내연료성이 요구되는 분야나 방진 고무분야등)에 적용이 계속 될 것이며, 다른 분야는 계속적으로 원가가 절감되면서 성능과 목적에 부합되는 방향으로 개발될 것이 예상된다.

예를 들어 독일의 Contitech는 이러한 분야에 성공한 대표적인 회사이다. 독일의 Continental AG Tyre and Rubber Group의 주요 자회사인 이 회사는 60년대부터 TPU를 사용하여 80년대에는 COPEs (copolyesters)와 TPV를 사용하여 steering gear bellows, shock absorber, CVJ boot, air intake hose 등을 생산하면서 TPE의 기술적이고 경제적인 이득을 많이 보고 있는 회사중에 하나이다. 그들의 연간 TPE사용량은 1995년도 기준으로 TPU 350톤, COPE 500톤 그리고 TPV 250톤으로 알려져 있다. 그들은 TPE를 최적의 탄성을 가진 부품을 만들기 위