

TPE를 적용한 자동차 윈도우 모터커버의 개발

조영태*, 고범용⁺, 이충호⁺⁺

(논문접수일 2010. 08. 17, 심사완료일 2010. 09. 06)

Development of Automobile Windows Motor Cover by Thermoplastic Elastomer(TPE)

Young-tae Cho*, Boum-yong Ko⁺, Choong-ho Lee⁺⁺

Abstract

It was attempted to develop an auto part by over molding injection mold that produces precision products in high productivity with use of an eco-friendly TPE substitute material for NBR. NBR is currently used in motor gear cover, one of the key parts in motor module for auto doors. Gear cover is composed of plastics and rubber mostly today, which requires a two (2) step process for production using two presses of different types. A hot press is used at this time for forming the rubber, which has drawback of requiring a rather long forming time of 400 seconds for one forming process. Even though this difficulty is overcome by reducing production time through employment of multi-cavity molds, time for forming process must be shortened for improvement of the productivity eventually, and the existing method of insert injection for products that have been formed with plastic material must be outgrown. In this point of view, over molding injection using TPE has a big advantage. Forming time is shortened to 54 seconds, and working the two (2) processes in series by one (1) press could solve the durability problem caused by deflection of the plastics, not to mention shortening the process time. Enhancement of productivity by almost 80% and improvement in the accuracy of the product could thus be achieved.

Key Words : Thermoplastic Elastomer(열가소성 엘라스토머, TPE), Nitrile Butadiene Rubber(니트릴 부타딘 고무, NBR), Over Molding(오버 몰딩), Motor Gear Cover(모터 기어 커버), Environment-Friendly(친환경)

* 전주대학교 생산디자인공학과 (choyt@jj.ac.kr)
주소: 560-759 전주시 완산구 효자동3가 1200

+ 전주대학교 대학원 메카트로닉스 전공

++ 전주대학교 생산디자인공학과

1. 서론

전 세계적으로 환경오염에 대한 문제의 심각성으로 인해 환경오염원의 제거와 오염원 생성을 줄이는 문제가 중요한 이슈가 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 재료의 재사용과 친환경 소재의 개발 및 이용, 에너지 절감 등이 요구되고 있다⁽¹⁾. 따라서 제품제작 초기단계에서부터 향후 재활용을 고려한 소재 선택이 이루어지고 있으며, 특히 자동차 산업에서의 이러한 노력들이 최근 들어 활발하게 전개되고 있다. 이러한 추세에 부합하는 재료로서 열가소성 엘라스토머(Thermoplastic Elastomer, 이하 TPE라 함)가 1950년대 처음 소개 되었으며, 현재 사용되고 있는 열가소성 플라스틱을 대체할 수 있는 재료로서 사용량이 꾸준히 증가하고 있고, 그 사용을 확대하려는 노력들이 활발하게 이루어지고 있다⁽²⁾.

TPE는 Fig. 1과 같이 플라스틱 매트릭스(모재)에 경화 고무가 분산된 구조로 되어있다. 상온에서는 열경화성 고무의 특성인 탄성을 띠고 있으며, 고온에서 열가소성 성질을 나타내므로 플라스틱처럼 사출성형 가공이 가능하다^(3, 4).

따라서 TPE는 가공 공정을 줄일 수 있고, 별도의 성형기가 불필요하므로 기존의 사출성형기를 그대로 활용하여 성형 할 수 있는 장점이 있으며, 빠른 공정과 성형 속도로 생산성 향상이 가능하다. 또한 재료의 특성상 제품 설계의 다양성을 제공하고, 스크랩 및 불량 제품을 재사용할 수 있어 경제적이다. 이러한 특징 때문에 자동차, 가전, 건재, 일용품 및 의료용 등에 광범위하게 사용되고 있다.

자동차산업 있어서 환경문제로 인해 최근 선진국들의 재활용형식 승인이 강화 되고 있으며, EU는 제조자에 대해 신차의 설계에서부터 재활용을 의무화하는 등의 재활용 및 재생 가능성을 강화하고 있는 실정이다.

본 연구개발에서는 자동차 도어의 윈도우 개폐용 모터 기어의 커버 부품 개발에 사용되는 기존의 고무(NBR)를 대신 하여 친환경 소재인 TPE를 대체 적용하여 기어커버를 개

발하고자 한다. TPE는 염화비닐 및 가황 고무를 대체할 수 있고, 재사용 및 재활용이 가능한 친환경 재료이다. TPE를 적용한 기어 커버 제품에 대해 양산이 가능하도록 오버몰드(over mold) 금형을 개발하고 성형테스트를 실시한다. TPE를 적용한 기어 커버 제품 생산은 생산성 향상 및 원가절감 효과를 기대할 수 있을 것이다.

2. TPE 적용 대상 및 성형공정

Fig. 2는 본 연구개발 대상으로 TPE를 적용하고자 하는 자동차 윈도우 개폐 모듈 및 모터 커버의 구조를 나타내고 있다. Fig. 3에 모델링 된 모터 기어커버의 기존 제품 생산 방식은, PBT(Polybutylene Terephthalate) 폴리머를 사용

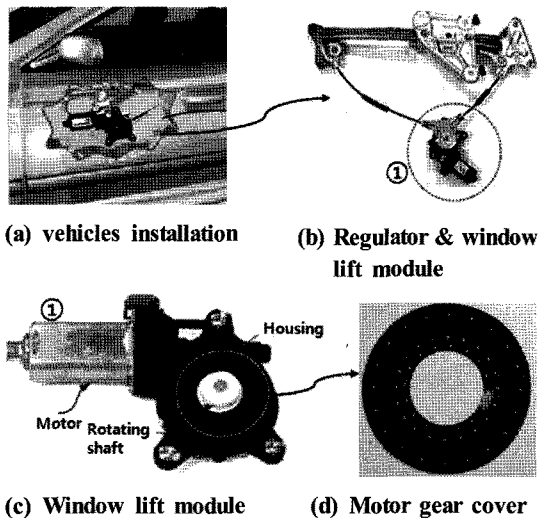


Fig. 2 Vehicles windows lift module and motor gear cover structure

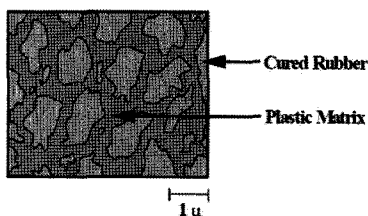


Fig. 1 Structure of TPE

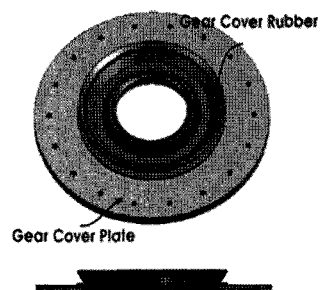


Fig. 3 Modeling of motor gear cover structure

하여 사출(80℃)에 의한 베이스 플레이트를 제작한 후 이를 프레스 금형에 올려놓고 NBR(Nitrile Butadiene Rubber)고무를 덮은 후 핫 프레스에 의해 제작하게 된다. 이때 고무를 성형하기 위한 핫 프레스는 150℃ 이상의 고온에서 성형해야 하므로 PBT의 성형온도와와의 차에 의해 베이스 플레이트에 변형이 발생하게 됨으로 PBT의 변형 방지를 위해 냉각 금형에서 형상을 유지하도록 냉각(240~360sec) 후 최종적으로 제품을 완성하게 되는 2단계 공정이다.

이때 제품이 변형되거나 고무 부분의 형상이 불량인 경우 제품을 폐기해야하며, 고무의 스크랩도 재활용이 안 되고 폐기해야 함으로서 경제적인 손실과 환경오염을 발생하게 된다. 따라서 고무부분의 NBR을 친환경 TPE소재로 대체함으로써 재료의 성형공정 단축과 성형 불량 및 스크랩부의 재활용이 가능하다.

기존 차량용 윈도우 개폐 모듈의 모터커버는 PBT소재의 베이스 플레이트와 NBR로 구성되어 모터 하우징의 외부 케이스로서 모터 내부로의 dust 유입 및 수분침투를 방지하여 모듈의 내환경성을 유지해주는 핵심부품이다. 이때 고무부분은 내측으로 기어 회전축과 접하게 된다. 모터커버는 기어 회전축의 반복 작동에 따른 하우징 내부로의 습기 및 dust 유입방지 기능을 수행함과 동시에 반복 작동에 대해 내마모성을 가지고 있어야 한다. 그러나 생산 과정에서 두 소재의 성형 온도 및 제조방법이 달라 2단 공정으로 제조함으로써 플라스틱(PBT)부분의 뒤틀림이 발생함으로써 부품의 내구성이 저하하는 원인을 제공하게 된다. 따라서 상온에서 서로 다른 특성을 띠는 두 가지 소재에 대해 성형 온도 및 방법이 동일하면서 우수한 성능을 발휘함과 동시에 친환경적인 대체 소재의 적용이 필요하게 되었다.

2.1 TPE 소재

본 연구개발 제품에 적용한 TPE재료의 특성 평가를 위한 재료 특성과 사출조건은 위의 Table 1과 2와 같다. 이 재료를 이용하여 기존의 모터기어커버 재료로 사용하던 NBR를 친환경 소재인 TPE로 대체하여 적용하였다.

기존의 고무는 가황처리 등의 공정을 거쳐 경화가 일어나, 다시 원래 상태로 돌아갈 수 없으므로 재활용이 불가능하다. 반면에 TPE는 열가소성 탄성체로서 녹이면 처음상태로 돌아오는 특성이 있어, 재활용이 가능하고 경제적이며 친환경적이다.

또한 TPE의 장점은 열가소성수지라는 것으로 기존의 플라스틱 사출 및 압출 공정과 같은 공정에 의해 제품을 성형할 수 있는 특징을 가지고 있다.

Table 1 Material properties of TPE

Test Item	Test Method	Unit	Test Value
Color	-	-	BLACK
Hardness	ASTM D2240	shore A	70±3
Tensile Strength	ASTM D638	Kg/cm ³	75
Elongation	ASTM D638	%	450
Density	297	g/cc	1.04
Melt Index	ASTM D1238E	g/10min	8

Table 2 Injection conditions of TPE

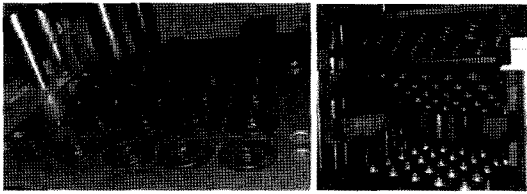
Cylinder	C1	C2	C3	C4	Nozzle
Temperature(℃)	160	170	170	180	190-220

2.2 기존 성형 공정

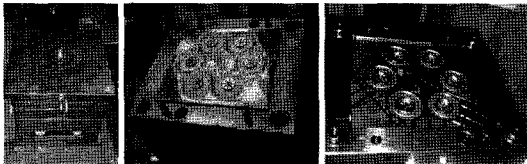
기존 성형방식에 의한 gear cover의 제작은 평탄도가 떨어지는 원인으로 인하여 조립시 내마모성 및 기밀성 유지에 커다란 악 영향을 미친다. 즉, gear cover 성형 시 plate의 뒤틀림(휨) 발생현상으로 인하여 모터 하우징의 기밀성 확보가 어렵고, 기어회전축과의 이상마찰로 인한 고무(NBR)부분의 내마모성이 감소하게 된다. 평탄도가 떨어지는 원인을 제공하는 기존의 제조 공정은 다음과 같다.

- ① PBT 사출성형 시 밀핀에 의한 변형 발생
- ② NBR 성형 시 PBT소재와 NBR소재의 열팽창계수가 서로달라 성형 시 PBT의 변형 발생
- PBT : 8.8 (10⁻⁵cm/cm²/℃)
- NBR : 1.5~2 (10⁻⁵cm/cm²/℃)
- ③ PBT 사출성형 시 금형온도가 80℃ 이하이고, NBR 성형 온도는 150℃ 이상으로 PBT 커버 사출성형 후 커버 위에서 NBR을 성형 할 경우 직접적인 NBR 금형 온도를 피할 수 없어 PBT의 변형 발생
- ④ PBT의 뒤틀림을 억제하고자 고무성형 후 냉각지그에서 일정시간(240~360sec) 냉각해야 함으로서 제조공정 시간이 400sec 이상으로 생산성이 낮음

위와 같은 이유로 Fig. 4(a)와 같이 성형금형에 다수 캐비티(multi cavity)를 구성하여 공정시간을 상충하고 있지만 궁극적으로 생산성 향상을 위해서는 성형시간 단축과 플라스틱 소재로 성형한 제품의 인서트사출 방식을 탈피해야 한다. 따라서 신소재의 적용과 성형 공정 개선이 필요하였다.



(a) Existing 2 stages process(PBT injection+NBR hot press)



(b) Developed over molding metal mold

Fig. 4 Mold comparison existing and developed method

3. TPE소재 적용 금형 개발

NBR 대신 TPE 소재를 적용할 경우 소재의 특성상 플라스틱과 같이 사출성형에 의한 제품성형이 가능하다. 따라서 TPE 적용과 이에 적합한 제조공정을 위한 금형개발이 필요하게 되었다. 이에 따라 NBR 대체 소재로서 TPE적용하여 제품성형이 가능한 오버몰딩 사출성형 금형을 개발하였다. Fig. 4의 (a)는 기존 생산에 사용되고 있는 PBT사출 및 NBR 핫 프레스의 2단 공정이고, (b)는 TPE적용을 위해 개발된 오버몰딩 사출금형에 대한 사진을 나타내었다.

NBR소재를 대체하는 TPE적용으로 제품성형에는 Fig. 4(a)와 같은 기존의 제품 생산 공정인 사출과 핫 프레스 2단 공정이 아닌 Fig. 4(b)처럼 단순한 오버몰딩 사출금형 내에 두 소재를 사출하여 제품성형이 가능하게 됨으로서 성형 시간이 짧아지고, 기존의 2개의 공정을 동시에 바로 연계해서 진행하기 때문에 성형 공정이 단축되어 제품의 생산성이 향상되며 동시에 품질 향상이 기대된다.

4. 개발된 금형의 성형 테스트

Table 3은 친환경 TPE를 적용한 모터 기어커버의 양산 적용을 위해서 개발된 오버몰딩 사출금형을 사용하여 시험 생산한 제품의 최종 사출성형 조건을 나타낸 것이다. 이와 같이 양산 적용을 위한 오버몰딩 사출성형에 필요한 조건을 찾아내기 위해 수십 회의 테스트를 실시하였으며, 그 결과 최적의 사출 조건을 찾을 수 있었다.

Table 3 Injection conditions of over molding for TPE

	Unit	Test Value	
Cycle Time	sec	40	
Cooling Time	sec	14	
Injection Pressure	Kg/cm ³	#1	40
		#2	45
		#3	43
Heater Temp.	℃	Nozzle	265±5
		C1	260±5
		C2	250±5
		C3	230±5
Mold Temp.	℃	moving axis	80±5
		fixed axis	80±5

Table 4 Improvement effect of production method

	Unit	Before improvement	After improvement
Molding method	-	Injection molding + Hot press	Over mold injection molding
Rubber material	-	NBR	TPE
Molding time	sec	400	54
Cavity numbers	ea	25	6
Production time/ea	sec/ea	16	9

도출된 최적의 조건을 바탕으로 기존의 2단 공정의 생산 방식과 새로운 TPE 소재를 적용한 생산 방식에 의한 gear cover 제품 성형 테스트를 실시한 결과를 Table 4에 나타내었다. 모터기어 커버의 고무부분 소재는 NBR에서 TPE로 대체하고, 이에 적합한 오버몰딩 금형을 개발하였으며, 개발된 Fig. 4(b)의 오버몰딩 사출금형을 이용한 사출성형 테스트 결과로 얻어진 시제품을 Fig. 5에 나타내었다.

기존에 PBT와 NBR소재를 사용하여 Fig. 5의 기어커버 제품을 성형할 때는 서로 다른 두 가지 금형 및 장치를 사용하는 방식으로 성형하였다.

그러나 기존의 NBR을 TPE 소재로 대체하여 위의 제품을 성형하는 경우, TPE가 상온에서 고무의 탄성 성질을 띠고 고온에서는 열가소성 성질을 나타내므로 플라스틱처럼 사출 성형이 가능한 재료 특성을 가지고 있어서, 제품을 성형할

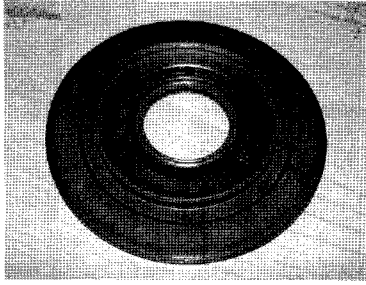


Fig. 5 Product by Fig. 4(b) method

때 금형 및 노즐의 온도 조건이 동일한 사출 성형기 한대에서 PBT사출 후 곧 바로 TPE를 사출하여 제품을 성형하는 테스트를 실시하였다. Table 4의 테스트 결과에서 알 수 있듯이, 개발된 금형 1set에서의 cavity 수가 기존 금형보다 4 배 이상 적은 개수의 차이를 보이고 있다. 그러나 1회 제품 성형시간이 기존의 사출 및 핫 프레스의 2단 공정에서는 400sec (25 cavity, 냉각지그 사용시간 포함)가 걸리는 반면에 개발된 오버몰딩 사출금형의 경우 54sec (6 cavity)에 성형이 완료된다. 따라서 오버몰딩 사출성형의 경우 1개의 제품 성형시간은 기존 성형시간인 16sec보다 7sec가 단축된 9sec에 성형이 가능하여 45%정도 성형시간이 단축되었다. 이로 인해 80%정도의 생산성 향상효과가 나타남을 알 수 있었다.

또한 동일 온도조건에서 하나의 금형으로 두 가지 소재를 사출성형 함으로서 제품의 품질 향상효과를 기대할 수 있으며, TPE 재료 특성상 불량품은 즉시 재사용이 가능하여 폐기물 발생이 없어 원가절감 효과가 기대된다. 따라서 기존의 NBR소재로 TPE소재로 대체하여 제품성형 공정을 개선함으로써 생산시간의 단축과 불량품의 재활용이 가능하고, 스크랩 발생이 없으므로 친환경적이고, 에너지 절감이 가능한 제품 생산방식이라 할 수 있다.

5. 결론

본 연구 개발에서는 차량 윈도우의 개폐모듈의 모터 기어 커버의 기밀성 및 제품 품질향상을 위하여 플라스틱(PBT)

과 고무(NBR)인 두 가지 소재로 구성된 기어커버의 고무부분에 대해 TPE라는 신소재를 적용하기 위해서 제조공정 개선에 필요한 오버몰딩 사출금형을 개발하였고, 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 기존 gear cover 제품의 고무부분의 NBR을 TPE소재로 대체하여 생산 할 수 있는 오버몰딩 금형기술 및 사출 성형 조건을 확보함으로써 제조공정을 개선하였다.
- (2) 개선된 공정은 기존공정과 비교할 때, 1회 성형개수가 1/4로 적지만, 성형시간이 1/7.5정도로 단축되므로 제품 1개의 생산시간은 약 45% 정도 향상됨을 알 수 있었다.
- (3) 개선된 공정에서는 동일 온도조건에서 서로 다른 두 소재에 대해 사출성형이 가능함으로써 PBT소재의 변형을 줄일 수 있어 제품의 품질 향상되어, 내구성이 증가할 것으로 기대 된다.
- (4) 재료의 재사용 및 성형시간 단축으로 생산원가 및 에너지 절감효과로 생산성이 크게 향상되었으며, 동시에 친환경적이라 말할 수 있다.

참고 문헌

- (1) Mitsuo, A., 2003, *Thermoplastic Elastomer*, Kog-yo Chosakai Publishing Co., Ltd., Republic of Korea, pp. 13~15.
- (2) Weng, D., Andries, J., Morin, P., Saunders, K., and Politis, J., 2000, "Fundamental and Material Development for Thermoplastic Elastomer(TPE) Overmolding," *Journal of Injection molding Technology*, Vol. 4, No. 1, pp. 22~28.
- (3) Naskar, K. and Noordermeer, J. W. M., 2006, "Dynamically Yulcanized PP/EPDM Blends: Effects of Multifunctional Peroxides of Crosslinking Agents," *ANTEC 2004*, pp. 4202~4219.
- (4) Ha, Y. W., Chong, T. H., and Lee, B. J., 2002, "Injection Molding of Polyetherimide Axi-Symmetric Element," *Journal of the KSMTE*, Vol. 11, No. 6, pp. 68~74.