

## 차량용 에어필터 Sealing 및 상·하 Cap의 신기술 개발에 관한 연구

윤성운\*, 김재열<sup>+</sup>

(논문접수일 2008. 12. 3, 심사완료일 2009. 8. 10)

### A Study on New Technology Development of Air Filter Sealing for Vehicles and Upper-under Cap

Sung-Un Yoon\*, Jae-Yeol Kim<sup>+</sup>

#### Abstract

An air filter is a device to remove dust from the air supplied to the automotive engine. A requirement for the optimum air filter is to improve the capability to remove particles from the air it takes in, that is the efficiency and amount of dust collection. By removing dust from the air, the air filter prevents the engine cylinder from wear, reduces ventilation resistance, and thus improves engine output and guarantees intake performance. In order to guarantee such air filter performance, it is very important to properly seal the air filter. For passenger cars made in Korea, the air filters are fabricated with steel caps as their frames are large and their engine capacity is big. Recently however, European countries and Japan started using urethane for manufacturing the air filter, so that all foreign-made cars now have urethane filters. The urethanes used for air filters are applied in two ways: One is to use soft urethane for both top and bottom of the air filter and the other is to use soft urethane for the top and hard urethane for the bottom. Each of these method has unique problems. In this study, hard urethane is used for both top and bottom of the filter in order to improve those problems and increase the sealing efficiency. Especially for the top, NBR (rubber mold) is pre-settled in tough urethane and then the urethane is solidified through foaming, which makes it possible to develop a solid and double-sealed filter.

**Key Words** : Air Filter(에어필터), Soft Urethan(연질우레탄), Hard Urethane(경질우레탄), Nbr(고무성형품), Urethan Mold(우레탄 성형)

\* 조선대학교 기계공학과

+ 교신저자, 조선대학교 메카트로닉스공학과 (jykim@chosun.ac.kr)

주소: 501-759 광주광역시 동구 서석동 375번지

## 1. 서론

에어필터는 자동차 엔진에 공급되는 공기 중의 먼지를 제거하는 장치이다. 에어필터의 주된 역할은 엔진으로 흡입되는 공기 중에 포함된 유해한 분진과 같은 부유입자를 제거하고 청정한 공기를 엔진에 공급하므로 조기 마모를 방지하여 내구성을 향상시키는 역할을 한다. 또한 엔진 흡기시스템 내의 흡기저항으로 인해 발생된 흡기 맥동음을 에어필터의 형상, 용적을 국부적으로 변경, 공기의 유동을 제어함으로써 소음기를 형성 발생하는 흡기음을 줄여 주는 저소음 역할을 한다. 이러한 인자들을 충족 시킴으로써 정숙한 엔진운전을 가능케 하며 쾌적성과 상품성 향상에 영향을 주게 된다<sup>(1)</sup>.

따라서 최적의 에어필터의 요구조건은 흡입공기 중의 입자 제거능력인 집진효율과 분진포집량을 높여 엔진 실린더의 마모를 방지하고, 통기저항을 낮게 하여 엔진출력을 향상시켜, 흡기성능을 보장하는 것이다. 이러한 에어필터 성능을 보장하기 위해서는 에어필터 자체의 *sealing*이 매우 중요하다고 할 수 있다.

최근 유럽 및 일본의 경우는 *sealing*에 우레탄을 사용하는 추세로 바뀌었으며 국내의 수입된 모든 차량은 우레탄 필터로 만들어져 있다. 여기에서 종류는 상하 연질우레탄, 상면 연질우레탄과 하면 경질우레탄 2종으로 구분되며 각기 장단점을 갖고 있다.

상하 Cap 모두 연질우레탄을 사용하는 경우 소프트하고 *sealing*이 잘되는 효과는 있으나 외부충격으로부터 변형 및 파손, seal부의 변형으로 *sealing* 효과가 떨어진다는 단점이 있다. 그리고, 상면은 연질우레탄 하면은 경질우레탄(고무 Type D50~60이상)을 사용하여 필터를 제조하는데 이 경우 연질우레탄 발포기 경질우레탄 발포기 2대의 설비투자가 필요하여 설비투자비용이 많이 들어간다. 또한 우레탄 액관리상 경질용 연질용을 분리하여 관리함으로 작업자의 과중한 심적 부담과 작업강도 때문에 스트레스 피로를 유발하고 있어 생산성 및 관리에 문제가 있다.

이러한 문제점 개선 및 *sealing* 효율을 높이기 위하여 하부는 경질우레탄을 사용하고 상부는 경질우레탄에 NBR(고무성형품)을 사전에 Mold에 안착시키고 경질 우레탄을 발포시켜서 고형화 시키므로 견고하고 2중 *sealing* 효과를 얻을 수 있는 필터를 제조할 수 있도록 하였다.

## 2. 연구 내용

### 2.1 연구내용

에어필터의 제조공정 중 제품 기능으로서 제일 중요한 성능인자는 기밀유지이다. 즉, 상Cap, 하Cap 내외 Core, 여과 지등을 조립하여 우레탄 또는 PVC로 기밀유지 접착작업을 하는데 우레탄 제품의 경우 Air Cleaner와 Air Filter와 밀착된 부위에 기밀을 유지하기 위하여 soft한 연질 우레탄을 발포하여 *packing* 역할을 보완하고 있다. 그러나, 고무경도 Type D 10이하로 외부의 압력과 충격에 쉽게 찌그러지거나 파손과 *sealing*부 형상 변화로 제 기능을 발휘 하지 못한다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 경질우레탄을 사용하고 기밀부위는 NBR로 모양을 성형하여 우레탄에 고형화 시키므로써 *sealing* 기능을 극대화 할 수 있도록 하였다(2중구조 가능).

기존의 에어필터 제조 방법 중 기밀유지를 위하여 상하 Cap 연질우레탄 발포에 의한 *sealing*과 상Cap은 연질우레탄, 하Cap은 경질우레탄을 사용하던 제조 공정을 상하 양면 Cap을 경질우레탄화 하고 NBR Packing을 다양한 모양으로 성형하여 우레탄 발포 시 고정시켜 고형화된 필터를 개발하여 기존 제품의 단점인 충격에 의한 변형과 기밀유지의 문제점을 보완하고자 한다.

이를 위해서는 설계를 2가지 측면으로 설계해야 한다.

먼저 NBR Packing 모양의 디자인 및 설계를 하여 우레탄 고형화 되었을때 이탈이 되지 않도록 설계를 해야 한다. 그리고 나서 우레탄을 발포 할 수 있는 Mold를 설계 개발해야 한다.

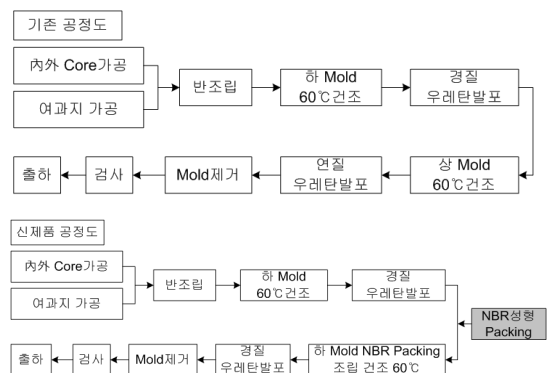


Fig. 1 New process comparison of existing product process and development product

NBR Packing과 우레탄 발포 Mold를 개발완료 후 서로 조립하여 우레탄액이 새어나가지 않도록 기밀유지가 되어 있는지 확인 후 우레탄 발포를 하여 성형 고형화할 필요가 있다.

### 2.2 3D Modelling 및 2D Modelling

제안된 에어필터 시스템의 구현을 위해서 2가지 측면으로 모델링을 했다. 먼저 NBR packing 모양의 디자인 및 설계를 하여 우레탄 고형화되었을 때 이탈이 되지 않도록 하며, 우레탄을 발포할 수 있는 mold를 디자인 및 설계하였다.

NBR Packing과 우레탄 발포 Mold를 개발완료 후 서로 조립하여 우레탄액이 새어나가지 않도록 기밀유지가 되어 있는지 확인 후 우레탄 발포를 하여 성형 고형화할 필요가 있으며, NBR Packing이 경질우레탄에 고융화 되었을 때 이탈방지를 위하여 Fig. 2의 NBR Packing부 확대도와 같이 행거부 A가 반드시 필요하다.

Fig. 3과 같이 삼각형 모양이 행거부분이 없으면 외부인장력이 가해졌을 때 이탈가능성이 있으므로 반드시 유지시켜야 한다. Fig. 4에서는 A/C 및 에어필터(element)의 조립을 비교하였다.

## 3. 연구 결과

본 연구에서는 기존의 에어필터 제조 방법 중 기밀유지를 위하여 상하Cap 연질우레탄 발포에 의한 Sealing과 상Cap은 연질우레탄, 하Cap은 경질우레탄을 사용하던 제조 공정을 상하 양면Cap을 경질우레탄화 하였다. 그리고, NBR Packing의 형상 변형을 통한 우레탄 발포 시 고정시킴으로서 고융화

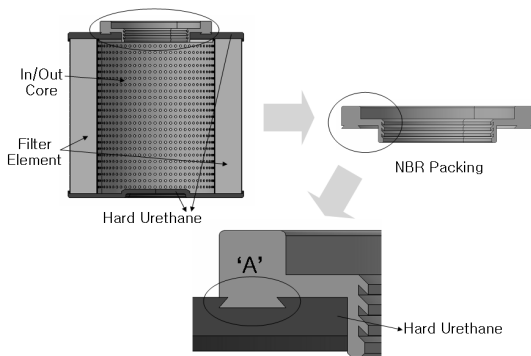


Fig. 2 3D modelling of shape of development product and NBR Packing part

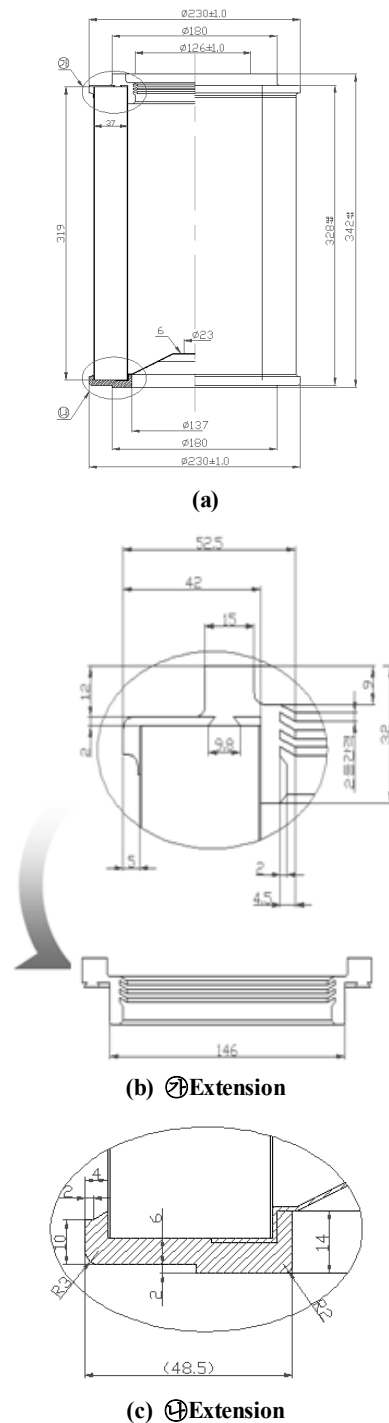


Fig. 3 2D modelling of shape of development product and NBR Packing part

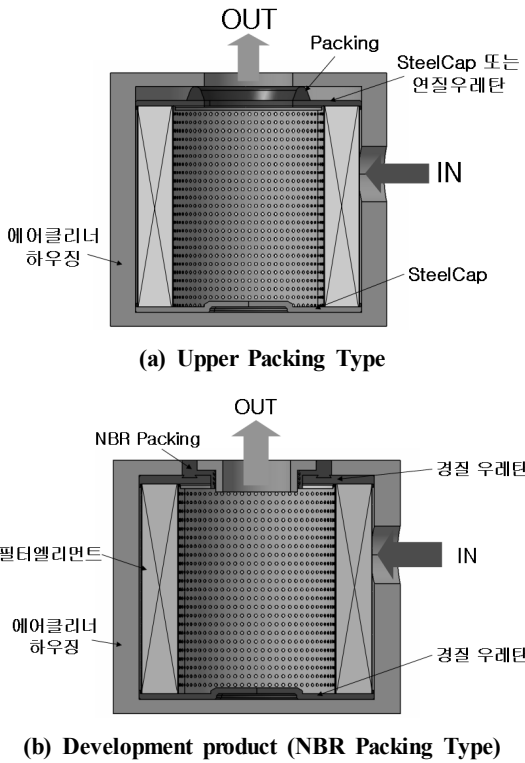


Fig. 4 Assembly Comparison of A/C and Air filter (Element)

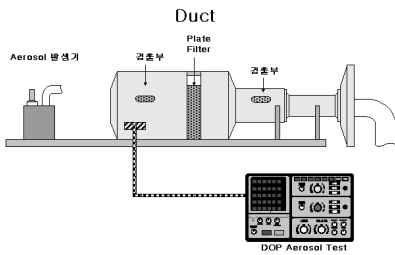


Fig. 5 DOP AEROSOL TESTER

된 필터를 개발하여 기존 제품의 단점인 충격에 의한 변형과 기밀유지의 문제점을 보완하였다.

Fig. 5는 개발된 에어필터의 성능 시험을 위한 DOP AEROSOL TESTER를 보여주고 있다. 그리고 그에 대한 성능 분석 결과를 Table 1에 나타내었다.

기존 제품과 개발품의 각 특징을 비교/분석하여, 기존제품에 비해 개발품이 가지는 우수성을 Fig. 6에 나타내었다.

Table 1 Air cleaner test results

① TEST Condition

Vehicles Type	SAMPLE (2종)	Humidity	70%
Using DUST	SD-7(1g/m <sup>3</sup> )	temperature	22°C
Rating Amount of air	19.7m <sup>3</sup> /min	air pressure	1,040 mmmbar
purpose of the test	Performance test		

② FILTER specification

Item	Filtration area	Type
INNER		
OUTER	8.5m <sup>2</sup>	AK 4037 CB

③ Ventilation Resistance

Rating Amount of air (m <sup>3</sup> /min)	Flow rate (m <sup>3</sup> /min)	MANO METER (mmAq)	JIG Resistance (mmAq)	ASSY Resistance (mmAq)	Ventilation Resistance (mmAq)	
					Criteria	Result
125%						
100%	19.70		36	263	220 ±25	227
75%						

\* Temperature and Pressure Guarantee

④ Cleaning Efficiency

Item	DATA (g)	The initial cleaning efficiency (%)	The life cleaning efficiency (%)	DUST Collection rate (g)
A : The first criteria filter weight	114.21	(1-F/B)×100	(1-G/D)×100	(D-G)
B : The initial dust supply	591.98	Criteria 99.0 ↑	99.9 ↑	2,500
C : The early days criteria filter weight	115.98			
D : Total dust supply	2817.1			
E : Exit Criteria Filter Weight	116.19	Result 99.70	99.93	2,815.12
F : (C-A)	1.77			
G : (E-A)	1.98			

\* DUST COLLECTER g %

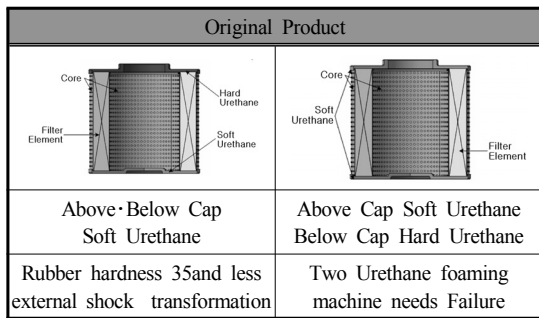
⑤ Ventilation Resistance Increment

Exit Ventilation Resistance : 700mmAq

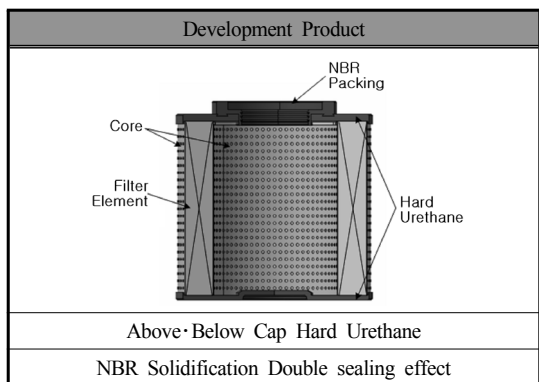
Time (min)	0	10	20	30	40	50	60	70
Ventilation Resistance (mmAq)	227	253	292	306	329	352	376	398
Increased Resistance (mmAq)	0	26	39	14	23	23	24	22

80	90	100	110	120	130	140	143
418	443	468	497	546	604	667	700
20	25	25	29	49	58	63	33



(a) Existing product

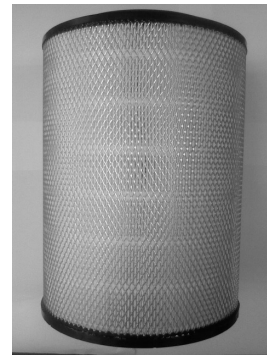


(b) Development product

Fig. 6 Comparison of existing product and new product

4. 결론

경질우레탄 NBR(고무) 일체형 2중 sealing 에어 필터의



(a)



(b)



(c)

Fig. 7 Actuality photograph of new product

연구와 개발을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 이탈방지를 위해 삼각형 모양의 행거부를 개발하여 기존 제품의 단점인 기밀유지의 문제점을 해결 할 수 있다.
- (2) 기존 상·하 양면Cap은 연질우레탄 또는 상Cap은 연질우레탄, 하Cap은 경질우레탄을 사용하던 제조 공정을 상·하 양면 Cap를 경질우레탄화 하여 충격에 의한 변형을 막을 수 있다.
- (3) 우레탄 발포기를 초기설비 투자 시 2대에서 1대로 줄일 수 있고 우레탄 성형발포기술을 자동차선진국과 동일한 수준으로 업그레이드 할 수 있는 계기를 마련할 수 있다.
- (4) 경질·연질 우레탄 2가지를 관리함으로써 발생하는 공정 관리, 자재관리, 작업표준등의 현장작업자의 작업강도 및 관리강도를 줄일 수 있으므로 생산성 증대의 효과 및 관리상보이지 않는 간접 경비를 절감할 수 있다.
- (5) NBR의 모양을 다양화 하여 Sealing 효과를 극대화하므로 자동차 엔진의 수명을 연장 시킬 수 있는 소비자 만족의 요인이 될 수 있다.

- (6) 국내 자동차 메이커에 과감하게 도입하여 기술축적을 도모하고, 국내에서 운행중인 외국 상용차량의 에어필터를 국산화로 대체하여 외화낭비의 문제점을 해결할 수 있다.

## 후 기

이 논문은 2006년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

## 참 고 문 헌

- (1) Korea National Railroad, 1992, Maintenance Guide Book for Saemaul Diesel Hydraulic Train, Korea, pp. 36/2~44/2.
- (2) Bugli, N. J., 2000, "Service Life Expectations and Filtration Performance of Engine Air Cleaners," SAE 2000-01-3317.
- (3) Sarkhi, A. A., and Yao, S., 1999, "Effect of Vehicular Air Filter Housing Configuration and Filter Resistance on Filter Flow Distributions and Filtration," SAE 1999-01-0007.
- (4) An, B. C., and Oh, M. D., 2004, "A Study on Filter Media and Performance of Intake Air Filter for Vehicular Engine," *SAREK*, Vol. 16, No. 1, pp. 23.