

## 셀룰로오스 아세테이트 모노 필터의 경도 예측

김종열\* · 김수호 · 신창호 · 박진원 · 임성진 · 김정열 · 이문수

KT&G 중앙연구원

(2006년 4월 11일 접수)

### Prediction of the % Hardness Curve of Cellulose Acetate Mono Filters

Jong-Yeol Kim,<sup>\*</sup> Soo-Ho Kim, Chang-Ho Shin, Jin-Won Park, Sung-Jin Lim,  
Chung-Ryul Kim and Moon-Soo Rhee

KT&G Central Research Institute,

(Received April 11, 2006)

**ABSTRACT** : The objective of the present study is to induct the regression equation for the hardness prediction of cellulose acetate filter which was manufactured by the domestic cellulose acetate tow manufacturer.

As a result of our study, the hardness of filter was increased with increasing the plasticizer content and packing density as major factors affecting to the filter hardness. As a result which was obtained by the three dimensional response surface methodology in STATISTICA program, the hardness prediction value well fitted with experiment result on the high plasticizer content. To make up for the this equation, the new modified fraction of solid factors which was contained the mono denier factor was introduced to the hardness prediction equation, and this third regression equation which was sufficient for the wide plasticizer content, was obtained by the three dimensional response surface methodology in STATISTICA. This results indicated that the third regression equation which was obtained this study was applicable for the hardness prediction of cellulose acetate filter which was manufactured by the domestic cellulose acetate tow manufacturer.

**Key words** : filter hardness, pressure drop, packing density

셀룰로오스 아세테이트로 구성된 필터용 토우는 직경이 15~40  $\mu\text{m}$  정도의 매우 미세한 섬유상 물질이기 때문에 필터로 제조한 후에 일정 경도를 유지하지 않을 경우 담배제조가 어려우며, 흡연 시 필터의 붕괴로 각초가 애연가의 입으로 유입되고 필터의 주요 물리적 특성인 흡인저항과 돌레가 변하므로 필터에 의한 담배 연기성분 제거능에도

많은 영향을 미치게 된다. 이러한 문제점들을 방지하고 필터의 물리성을 향상시키기 위하여, 국내외 필터 및 담배 제조회사들은 필터 제조 시 TA(Triacetin)나 TEGDA(Triethylene glycol diacetate)등과 같은 가소제를 첨가하여 필터가 일정 수준의 경도를 갖도록 제조하고 있으며, 국내에서는 작업성 및 제조 효율성을 고려하여 TA를

\*연락처자 : 305-805 대전광역시 유성구 신성동 302 번지, KT&G 중앙연구원

\*Corresponding author : KT&G Central Research Institute, 302 Shinseong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-805, Korea

만을 필터용 가소제로 사용하고 있다. 필터 제조 중 가소제 분무기에 의해 토우의 표면에 안개 형태로 첨가된 가소제는 토우의 표면을 녹여 토우 섬유들 간에 결합을 형성시키고, 표면도 단단하게 굳혀 필터가 일정 경도를 유지할 수 있도록 한다 (Celanese, 1978). 첨가된 가소제와 토우의 화학적 반응에 의해 일정 경도를 갖는 필터는 담배 제조 작업성을 원활하게 하여주고, 필터의 기본물성인 둘레, 흡인저항 등을 균일하게 유지할 수 있도록 하는 역할을 한다. 이전의 연구결과를 살펴보면, 필터의 흡인저항, 가소제 함량 및 활성탄 첨가량이 증가함에 따라 필터의 경도는 증가하는 것으로 알려져 있다. 그러나 이 세 가지 인자들 중 가소제의 함량 변화가 경도에 가장 큰 영향을 주고 있으며, 흡인저항과 활성탄은 첨가량이 증가함에 따라 경도는 높아지는 것으로 나타났지만, 가소제 첨가량에 비해서는 영향이 낮은 것으로 발표되어 있다(Mathis 1984; Kim *etc.* 1997; Lee *etc.* 1984; Shin *etc.* 2000). 따라서 외국의 토우 제조업체인 Voridian, Celanese, Rodia사 등에서는 필터용 토우의 종류 및 가소제의 함량 등에 따라 필터의 경도, 사용되는 토우의 중량 및 흡인저항과 같은 필터의 주요 물리성을 예측할 수 있는 회귀식이나 모델식을 얻고 이를 프로그램으로 제작하여 필터 설계에 활용하고 있다. 이렇게 경도가 필터 및 제품의 물리성에 영향을 미치는 중요한 인자 중 하나임에도 불구하고 국내에서 생산되고 있는 필터용 토우 종류에 따른 경도 및 토우 사용량 등을 예측할 수 있는 모델식이나 회귀식이 아직까지 국내에서는 확보되어 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 생산하고 있는 토우를 사용하여 국내 필터회사가 보유한 필터제조기로 제조한 필터에 대한 경도 및 토우 사용량 등의 예측이 가능한 식을 정립하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 사용 토우 종류 및 제조기

실험에 사용한 셀룰로오스 아세테이트 토우는 실험 설계법에 의거하여 regular size 12종과 slim 3종, ultra-slim 3종을 제조 하였으며, 이를 Table 1

에 나타내었다. 또한 필터 제조기는 국내 필터 회사에서 보유한 Hauni사의 KDF-2를 사용하여 제조하였고, 제조속도는 3,500 rod/96 mm이었으며, 이때 첨가된 가소제 함량은 0, 3, 6, 9, 12%의 범위로 제조하였다.

Table 1. Tow items used for predicting the % hardness curve of cellulose acetate filters

Size	Sample No.	Tow Item	Manufacturer	Filter Cir.
Regular	1	1.9/35000/Y	SK	24.2
	2	1.9/40000/Y	SK	24.2
	3	1.9/45000/Y	SK	24.2
	4	2.7/35000/Y	SK	24.2
	5	2.7/40000/Y	SK	24.2
	6	2.7/45000/Y	SK	24.2
	7	3.5/35000/Y	SK	24.2
	8	3.5/40000/Y	SK	24.2
	9	3.5/45000/Y	SK	24.2
Slim	10	3.4/34000/Y	Voridian	21.7
	11	4.5/30000/Y	SK	21.7
	12	5.0/30000/Y	Voridian	21.7
Ultra-slim	13	5.0/19000/Y	Celanese	16.7
	14	6.0/17000/Y	SK	16.7
	15	7.0/15000/Y	SK	16.7

### 분석기기 및 이화학성 분석

실험에 사용한 제조필터의 경도는 Filtrona사의 Hardness Tester, 흡인저항은 Heindr Borgwaldt GmbH사의 Draw Resistance Meter A11을 사용하여 분석 하였다. 또한 제조된 필터에 첨가된 TA 함량을 분석하기 위하여, 필터 흡인저항은 평균  $\pm 49\text{Pa}(\pm 5 \text{ mmHg})$  중량은  $\pm 5 \text{ mg/rod}$  범위로 선별하여 분석시료로 사용하였고, 상기 선별한 시료를 내부표준물질(ISTD:Anethol)이 포함된 Methanol 용매에 넣어 1일간 방치한 후, flask shaking 방법에 따라 shaker를 이용 200 RPM에서 30분간 shaking 하여 추출한 용액을 auto vial로 옮긴 후 auto sampler가 장착된 GC(Hewlett Packard 5890 II)에

3  $\mu\text{L}$ 를 주입하여 분석하였다(CORESTA Recommended Method No. 54).

가스제 분석용 GC column은 SE-54 fused capillary column(30 m x 0.32)을 사용하였으며, column 온도는 120  $^{\circ}\text{C}$ 에서 3분간 유지 후 분당 3  $^{\circ}\text{C}$ 씩 210  $^{\circ}\text{C}$ 까지 승온 하였다. 이때 injector 및 detector 온도는 250  $^{\circ}\text{C}$ 로 유지 하였고, split ratio는 50 : 1이었으며, carrier gas는  $\text{N}_2$ (1.0 mL/min)를 사용 하였다.

### 결과 및 고찰

#### 충진율에 따른 경도

필터 제조용 토우 별 제조 가능범위를 나타내는 토우 특성곡선 중 최소점과 최대점에서의 토우 소요량과 흡인저항 값을 구할 수 있는 예측 식은 이전에 Kim등이 발표한바 있다. 그 결과 최소점과 최대점에서는 일정한 충진율과 흡인저항 값을 갖는 것으로 분석되었다(Kim, etc, 2005, Dwyer, 1986). 따라서 본 실험에서는 토우의 충진율[ $a \times c / \text{TD}^d$ ]과 둘레를 변수로 설정하고, 이들이 경도에 미치는 영향을 분석하기 위하여 실험 설계법을 사용하여 실험 구수를 설정한 후 필터를 제조하고 경도를 분석하여 Fig. 1에 나타내었다. 이 결과 가소제를 첨가하지 않은 필터의 경도는 충진율이 증가함에 따라 증가하였으며 Fig. 1에 나타난 바와 같이 둘레에 따라 0.9879에서 0.9917의  $R^2$  값을 나타내는 3차 회귀식을 구하였다.

#### 가소제 함량에 따른 경도

필터에 첨가된 가소제 함량이 토우 특성곡선에서 필터를 형성하는 최소점(Min)과 최대점(Max) 및 최적 작업적성 범위인 최소점(Min)+15%와 최소점(Min)+50%에 미치는 경도변화를 분석하여 Fig. 2에 나타내었다.

이 결과 모든 토우특성곡선 영역에서 가소제 함량이 증가함에 따라 필터 경도가 증가하는 경향을 나타내었다. 토우 량이 가장 적게 투입되고 가소제를 첨가하지 않은 필터의 경우 경도가 75%로 가장 낮게 분석되었으나, 가소제 첨가량이 증가함에 따라 91.5%까지 증가하는 경향을 나타내었다.

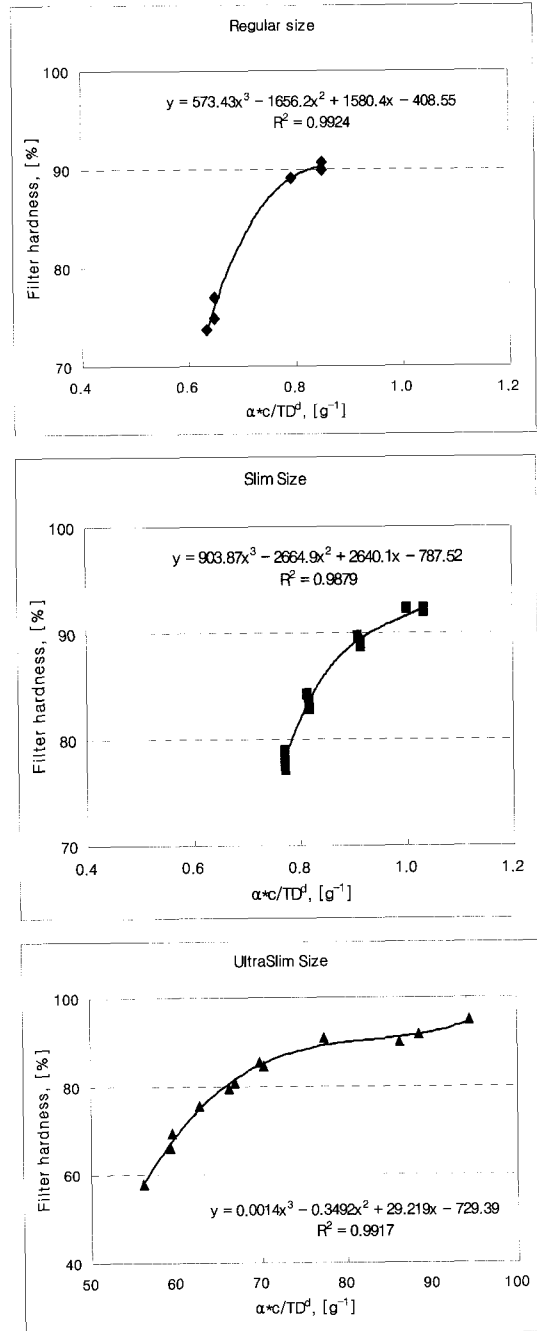


Fig. 1. The relationship between the fraction of solids( $\alpha$ ) and Hardness (regular : 96 mm x 24.2 mm; slim : 120 mm x 21.7 mm; ultra-slim : 120 mm x 16.7 mm).

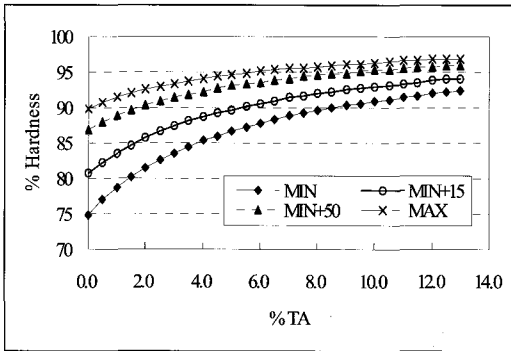


Fig. 2. Comparison of hardness with TA level(Tow item ;2.7/35 Kd, Cir.; 24.2 mm).

또한 가장 많은 토우가 투입되고 가소제를 첨가하지 않은 최대 점에서의 필터 경도는 90 %로 분석되었고, 가소제를 첨가하지 않은 최소 점에서의 경도 값과 비교하여 15 % 정도 높게 나타났으나, 가소제 함량이 증가함에 따라 그 차이는 5 %로 감소하였다. 이러한 결과에 의거하여 볼 때 가소제 함량이 필터 경도에 가장 큰 영향을 주는 인자라는 이전의 연구결과와 잘 일치 하고 있다(Kim etc, 1997; Celanese 1978; Lee etc, 1984).

이 실험 결과를 통계적으로 분석하여 0.99985이상의 R<sup>2</sup> 값을 갖는 5차 회귀 식을 얻을 수 있었으며, 그 식들을 Table 2에 나타내었다.

**충진율과 가소제 함량에 따른 경도**

필터의 경도에 미치는 여러 가지 인자들 중 단위 부피당 투입되는 토우의 양을 표현하는 충진율과 가소제 함량이 가장 큰 영향을 미치므로 이들 두

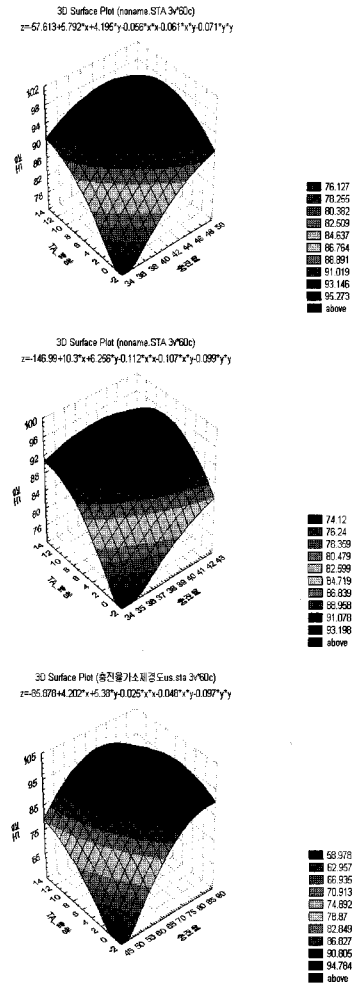


Fig. 3. 3D Surface plot of hardness with TA level and the fraction of solids ; (A) regular, (B) slim, (C) ultra-slim.

Table 2. The derivative equation of % hardness with TA level

Capability Curve Point (%)	Pressure drop (mmH <sub>2</sub> O)	Derivative Equation	R <sup>2</sup>
Min(+0)	233(22.84 kPa)	y=8E-06x <sup>5</sup> -0.0036x <sup>4</sup> +0.0637x <sup>3</sup> -0.6304x <sup>2</sup> +4.3037x+74.948	R <sup>2</sup> =1
Min(+15)	268(26.27 kPa)	y=6E-05x <sup>5</sup> -0.0026x <sup>4</sup> +0.0462x <sup>3</sup> -0.4697x <sup>2</sup> +3.2865x+80.696	R <sup>2</sup> =1
Min(+50)	350(34.31 kPa)	y=4E-05x <sup>5</sup> -0.0017x <sup>4</sup> +0.0313x <sup>3</sup> -0.3185x <sup>2</sup> +2.2196x+86.939	R <sup>2</sup> =0.9998
Max(+100)	478(46.85 kPa)	y=9E-0x <sup>5</sup> -0.0007x <sup>4</sup> +0.0167x <sup>3</sup> -0.2118x <sup>2</sup> +1.6633x+89.914	R <sup>2</sup> =0.9998

인자에 따른 경도 예측 식을 구하기 위하여 충전율과 가소제 함량 별 필터를 제조하여 분석한 후 통계프로그램인 STATISTICA를 사용하여 반응표면 분석을 하였고 이 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

그 결과 필터 경도는 충전율과 가소제 함량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였지만, 충전율과 가소제 함량이 모두 높을 경우에도 경도 값은 다소 증가하는 경향을 나타낼 것으로 판단하였으나, Fig. 3의 통계분석 결과에 의해 얻어진 경도 예측식을 이용하여 계산하면 regular 필터는 93.2 %, slim 필터는 95.3 %, ultra slim은 94.8 % 이상에서 경도가 감소되는 경향을 나타내었다. 이는 필터에 투입되는 가소제의 함량이 높을수록 토우의 경도가 증가하는 효과가 있지만 필터 제조시 일정량 이상의 가소제가 투입될 경우 토우의 표면 수축율이 커지므로 경도가 낮아지는 경향으로 판단할 수도 있지만, 2.7/35,000 d의 토우로 필터를 제조할 경우 가소제를 11 % 첨가하면 약 96.6 %의 경도 값을 나타내는 것으로 분석된바 있다. 따라서 보다 더 정확한 경도예측 식을 얻기 위해서 Fig. 3에 나타낸 식의 보완이 필요한 것으로 판단되었다.

따라서 토우의 종류가 경도에 미치는 영향을 다시 분석하여 본 결과 total denier 뿐만 아니라 mono denier도 경도에 영향을 미치므로 mono denier 인자를 충전율 항에 포함시킨 개선 충전율 항 $[(a \times c / TD^d) \times MD^e]$ 을 도입한 후, 경도 관련식을 재 유도하였고, 이 식을 이용하여 토우 특성곡선 중 최소점, 최소점+15 %, 최소점+50 %와 최대점에서의 충전율에 따른 필터 경도를 계산하여 Fig. 4에 나타내었다. 그 결과  $R^2$  값이 regular의 경우 0.9982, slim은 0.9951, ultra slim은 0.9916이 되는 새로운 3차 경도 예측용 회귀식을 유도할 수 있었다. 가소제 함량에 따른 실험 값을 STATISTICA 통계프로그램을 사용하여 반응표면 분석을 수행한 후, 그 결과를 Fig. 5에 나타내었으며, Table 3에는 Fig. 4에서 도출된 경도 회귀식에 대하여 regular의 경우 0.9969, slim은 0.9927, ultra slim은 0.9778의  $R^2$  값을 갖는 회귀식을 수록하였다.

경도 예측 회귀식을 검증하기 위하여, Table 3에서 정립된 경도 회귀식으로 얻은 예측 값과 실측값

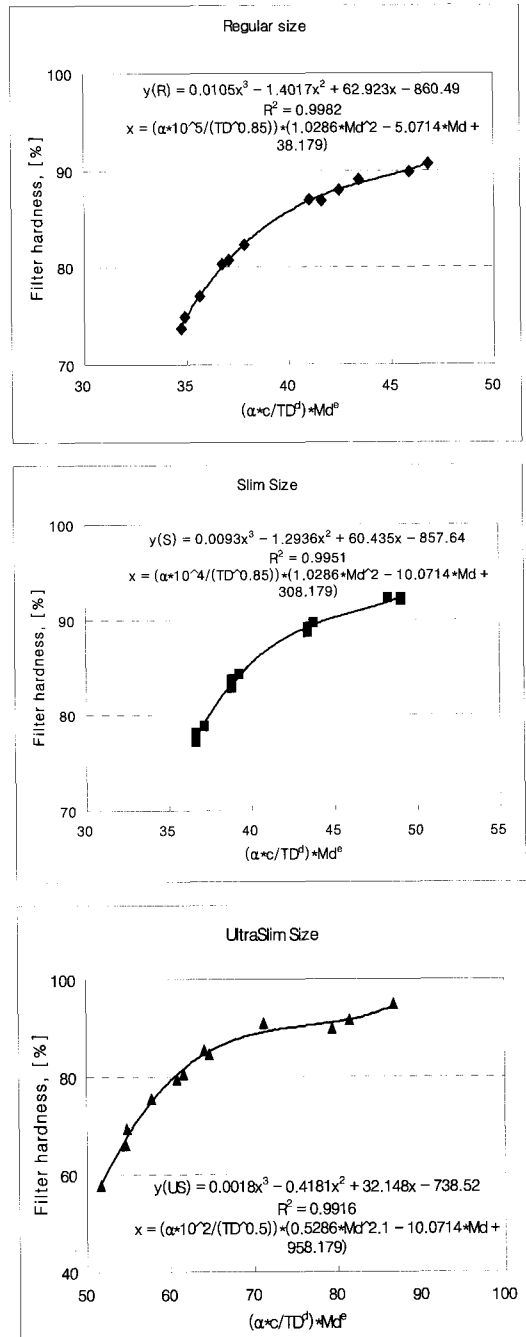


Fig. 4. The relationship between the modified fraction of solids( $\alpha$ ) and hardness (regular : 96 mm x 24.2 mm; slim : 120 mm x 21.7 mm; ultra-slim : 120 mm x 16.7 mm).

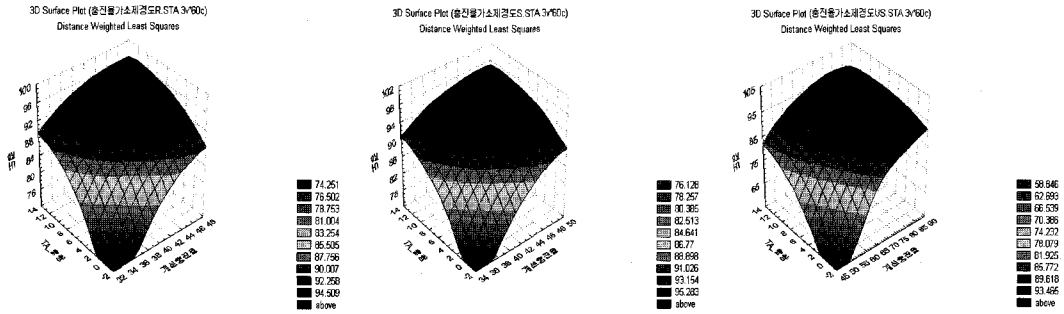


Fig. 5. 3D Surface plot of hardness with TA level and the modified fraction of solids ;  
(A) regular, (B) slilm, (C) ultra-slim.

Table 3. The derivative equation of % hardness with modified fraction and TA level

Size	Derivative Equation
Regular	$-459.5280532 + 33.6965396 \times X + 18.7200185 \times Y - 0.6956765 \times X^2 - 0.4598668 \times Y^2 + 0.0048467 \times X^3 + 0.0065329 \times Y^3 - 0.6664868 \times X \times Y + 0.0063512 \times X^2 \times Y + 0.0066044 \times X \times Y^2$ ( $R^2 = 0.9969$ )
Slims	$-523.7979006 + 37.2511241 \times X + 17.1476413 \times Y - 0.7599784 \times X^2 - 0.4221098 \times Y^2 + 0.0052313 \times X^3 + 0.0063786 \times Y^3 - 0.5831335 \times X \times Y + 0.0053017 \times X^2 \times Y + 0.0056178 \times X \times Y^2$ ( $R^2 = 0.9927$ )
Ultra-slims	$-305.7988128 + 13.3510706 \times X + 19.7665679 \times Y - 0.1496413 \times X^2 - 0.5537318 \times Y^2 + 0.0005605 \times X^3 + 0.0093364 \times Y^3 - 0.4073646 \times X \times Y + 0.002253 \times X^2 \times Y + 0.0043528 \times X \times Y^2$ ( $R^2 = 0.9778$ )

을 비교하여 Table 4에 나타내었다. 그 결과 예측 값과 실험값이 잘 일치하는 것으로 나타났으므로 본 연구의 실험 결과에서 얻은 회귀식이 국내에서 생산되고 제조되는 필터 경도를 예측하는데 활용 가능할 것으로 기대되며, 향후 더 많은 실험 데이터의 축적이 이루어진다면 보다 더 정확한 경도 예측용 회귀식을 구할 수 있을 것으로 판단된다.

### 결론

본 연구에서는 국내에서 생산되는 셀룰로오스 아세테이트 토우를 사용하여 제조하는 필터의 경도를 예측할 수 있는 식을 유도하고자 하였다.

실험결과 필터 경도에 미치는 주요 영향인자인 가소제 및 충전율이 높아질수록 경도는 증가하는

경향을 보였으며, 이 실험 데이터를 통계프로그램인 STATISTICA에 포함되어 있는 3차원 표면분석법을 사용하여 분석한 결과, 가소제 함량이 높은 영역에서 실험 값과 잘 맞지 않는 것으로 나타났다. 이를 보완하기 위하여 기존의 충전율 항에 포함되어 있지 않은 모노데니아 인자를 도입한 개선된 충전율 항과 실험적으로 얻은 경도 변화에 대해 다시 표면분석을 수행하여 실험값과 잘 일치하는 새로운 3차 회귀식을 얻을 수 있었다. 이렇게 얻어진 회귀식으로 예측한 경도와 실험 값은 잘 일치하는 경향을 나타내므로, 본 연구에서 얻은 경도 예측용 회귀식을 사용할 경우 국내에서 생산하고 있는 토우를 사용하여 제조한 필터의 경도를 예측하는데 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

셀룰로오스 아세테이트 모노 필터의 경도 예측

Table 4. Comparison of experimental and predicting hardness curve for a series of the modified fraction of solids(MFS) and TA levels

Regular					Slim					Ultra-slim				
MFS	% TA	PV	EV	D	MFS	% TA	PV	EV	D	MFS	% TA	PV	EV	D
34.705	0	74.6	73.7	-0.90	36.639	0	78.1	77.2	-0.94	57.469	0	73.6	69.7	-3.94
34.705	3	82.4	82.8	0.38	36.639	3	85.1	85.1	0.04	57.469	3	82.5	80.2	-2.35
34.705	6	87.1	87.2	0.05	36.639	6	89.1	88.9	-0.23	57.469	6	87.5	85.3	-2.21
34.705	9	89.8	89.8	-0.04	36.639	9	91.4	91.2	-0.16	57.469	9	90.0	88.3	-1.73
34.705	12	91.5	91.6	0.05	36.639	12	92.8	92.7	-0.11	57.469	12	91.6	90.3	-1.32
34.920	0	75.2	74.9	-0.32	36.620	0	78.1	78.2	0.11	54.612	0	68.3	66.1	-2.22
34.920	3	82.9	83.6	0.69	36.620	3	85.0	85.8	0.78	54.612	3	78.4	77.9	-0.55
34.920	6	87.5	87.8	0.27	36.620	6	89.1	89.4	0.30	54.612	6	84.4	83.5	-0.90
34.920	9	90.1	90.3	0.16	36.620	9	91.3	91.6	0.26	54.612	9	87.7	86.9	-0.78
34.920	12	91.8	92.0	0.21	36.620	12	92.8	93.0	0.21	54.612	12	89.8	89.1	-0.72
35.640	0	77.2	77.0	-0.17	39.251	0	83.8	84.3	0.46	51.632	0	61.8	60.6	-1.17
35.640	3	84.4	84.1	-0.33	39.251	3	89.5	89.7	0.22	51.632	3	73.3	74.2	0.92
35.640	6	88.7	88.2	-0.51	39.251	6	92.5	92.4	-0.12	51.632	6	80.4	80.8	0.42
35.640	9	91.1	90.6	-0.46	39.251	9	94.0	93.9	-0.10	51.632	9	84.6	84.8	0.21
35.640	12	92.5	92.2	-0.34	39.251	12	95.0	95.0	0.05	51.632	12	87.4	87.3	-0.11
36.715	0	79.7	80.3	0.55	38.801	0	83.0	82.9	-0.11	60.710	0	61.8	78.2	16.43
36.715	3	86.4	87.1	0.70	38.801	3	88.9	88.8	-0.06	60.710	3	86.3	85.8	-0.49
36.715	6	90.2	90.4	0.20	38.801	6	92.1	91.7	-0.36	60.710	6	90.3	89.4	-0.86
36.715	9	92.2	92.4	0.20	38.801	9	93.7	93.4	-0.26	60.710	9	92.0	91.6	-0.44
36.715	12	93.5	93.7	0.23	38.801	12	94.7	94.5	-0.18	60.710	12	93.1	93.0	-0.15
37.054	0	80.5	80.7	0.22	38.780	0	83.0	83.7	0.73	57.778	0	74.2	75.6	1.44
37.054	3	86.9	87.4	0.45	38.780	3	88.8	89.3	0.47	57.778	3	82.9	84.0	1.05
37.054	6	90.6	90.6	-0.01	38.780	6	92.0	92.1	0.06	57.778	6	87.8	88.1	0.30
37.054	9	92.5	92.5	-0.01	38.780	9	93.6	93.7	0.06	57.778	9	90.2	90.6	0.35
37.054	12	93.7	93.8	0.08	38.780	12	94.7	94.8	0.14	57.778	12	91.8	92.2	0.41
37.811	0	82.0	82.3	0.32	43.773	0	89.4	89.7	0.32	54.732	0	68.6	71.4	2.84
37.811	3	88.1	87.6	-0.47	43.773	3	93.3	93.3	-0.01	54.732	3	78.6	81.3	2.66
37.811	6	91.4	90.8	-0.63	43.773	6	95.1	95.0	-0.10	54.732	6	84.5	86.1	1.56
37.811	9	93.1	92.7	-0.42	43.773	9	95.8	96.0	0.22	54.732	9	87.8	88.9	1.11
37.811	12	94.2	93.9	-0.31	43.773	12	96.4	96.7	0.30	54.732	12	89.9	90.8	0.90
41.025	0	86.7	87.0	0.34	43.446	0	89.1	88.7	-0.42	67.706	0	86.1	86.3	0.16
41.025	3	91.3	91.5	0.16	43.446	3	93.1	92.6	-0.55	67.706	3	91.6	91.0	-0.60
41.025	6	93.7	93.7	0.02	43.446	6	95.0	94.5	-0.50	67.706	6	93.9	93.3	-0.61
41.025	9	94.7	95.0	0.27	43.446	9	95.7	95.6	-0.12	67.706	9	94.6	94.7	0.11
41.025	12	95.6	95.8	0.25	43.446	12	96.3	96.4	0.06	67.706	12	95.1	95.6	0.46
41.613	0	87.3	86.9	-0.37	43.423	0	89.1	89.2	0.10	64.693	0	83.4	84.6	1.20
41.613	3	91.7	91.4	-0.33	43.423	3	93.1	93.0	-0.13	64.693	3	89.7	89.9	0.17
41.613	6	93.9	93.6	-0.32	43.423	6	95.0	94.8	-0.20	64.693	6	92.7	92.5	-0.17
41.613	9	94.9	94.9	0.00	43.423	9	95.7	95.8	0.08	64.693	9	93.7	94.0	0.26
41.613	12	95.7	95.8	0.08	43.423	12	96.3	96.5	0.16	64.693	12	94.5	95.0	0.55
42.471	0	88.0	88.0	-0.05	48.246	0	91.9	92.3	0.38	61.507	0	79.7	81.9	2.20
42.471	3	92.2	91.5	-0.72	48.246	3	94.8	95.0	0.21	61.507	3	87.1	88.2	1.12
42.471	6	94.2	93.7	-0.52	48.246	6	96.0	96.2	0.22	61.507	6	90.8	91.2	0.38
42.471	9	95.1	95.0	-0.11	48.246	9	96.5	97.0	0.48	61.507	9	92.4	93.0	0.56
42.471	12	95.9	95.9	-0.04	48.246	12	97.4	97.5	0.06	61.507	12	93.5	94.2	0.74
43.413	0	88.8	89.100	0.34	49.076	0	92.3	92.0	-0.29	83.950	0	92.0	92.5	0.47
43.413	3	92.6	92.800	0.15	49.076	3	95.0	94.7	-0.34	83.950	3	94.9	95.1	0.17
43.413	6	94.5	94.700	0.22	49.076	6	96.2	96.1	-0.09	83.950	6	95.9	96.3	0.35
43.413	9	95.3	95.800	0.50	49.076	9	96.8	96.9	0.13	83.950	9	96.6	97.1	0.50
43.413	12	96.2	96.500	0.31	49.076	12	97.8	97.4	-0.41	83.950	12	98.4	97.6	-0.80
45.874	0	90.2	89.900	-0.26	49.050	0	92.3	92.3	0.02	81.502	0	91.8	91.7	-0.08
45.874	3	93.5	93.400	-0.06	49.050	3	95.0	95.0	-0.03	81.502	3	94.8	94.6	-0.24
45.874	6	95.0	95.100	0.11	49.050	6	96.2	96.3	0.12	81.502	6	95.8	96.0	0.18
45.874	9	95.8	96.100	0.28	49.050	9	96.8	97.0	0.24	81.502	9	96.3	96.8	0.55
45.874	12	97.0	96.800	-0.19	49.050	12	97.8	97.5	-0.30	81.502	12	97.6	97.3	-0.34
46.820	0	90.6	90.700	0.12	37.147	0	79.4	78.9	-0.53	79.241	0	91.4	90.5	-0.92
46.820	3	93.7	93.700	-0.02	37.147	3	86.1	86.2	0.12	79.241	3	94.7	93.8	-0.89
46.820	6	95.2	95.300	0.10	37.147	6	89.9	89.8	-0.13	79.241	6	95.7	95.4	-0.32
46.820	9	96.1	96.300	0.22	37.147	9	92.0	91.9	-0.11	79.241	9	96.0	96.3	0.29
46.820	12	97.4	96.900	-0.53	37.147	12	93.3	93.2	-0.14	79.241	12	97.1	97.0	-0.09

\* PV ; Prediction Value of modified model \* EV ; Experimental value \* D ; difference (EV-PV)

## 참 고 문 헌

- Celanese, Technical Review.(1978)
- Dwyer, R. W.(1986) Predicting the pressure drops across cellulose acetate filters. *Beitr. Tabakforsch. Int.* 13(4): 157-168.
- Kim, J. Y., Shin, C. H. Kim C. R., Kim, Y. H. and Lee, K. H.(1997) Study on some physico-chemical properties of cigarette filter rods by triacetin content. *J. Korean Soc. Tob. Sci.*, 19(2) : 129-135.
- Kim, S. H, Lim, S. J., KIM, C. R., Shin, C. H., Rhee, M. S. and Kim, J. Y.(2005) Predicting the capability curve of cellulose acetate filters. *J. Korean Soc. Tob. Sci.*, 27(2) : 163-170.
- Lee, K. H. Lee, Y. T. and Sung Y. S.(1984) The effect of some plasticizer on the filter qualities of cellulose acetate tow. Technical Report, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute p. 1-47.
- Mathis, D. E.(1984), Factors affecting filter firmness. Eastman Kodak. *FTR-70*
- Shin, C.H., Kim, J. Y. Kim, C. R. Kim, Y. H. and Lee, Y. T.(2000) Effect of triacetin and activated carbon on the hardness of cellulose acetate filter containing activated carbon. *J. Korean Soc. Tob. Sci.*, 22(2) : 157-163.