

## 팁페이퍼, 필터권지 및 접착제 특성이 제품담배 공기희석율에 미치는 영향

김정열\* · 김종열 · 신창호  
KT&G 중앙연구원  
(2002년 5월 10일 접수)

## The Effect of the Characteristics of Tipping Paper, Plug Wrap and Glue on the Cigarette Ventilation

Chung Ryul Kim\*, Jong Yeol Kim and Chang Ho Shin  
KT&G Central Reserch Institute  
(Received May 10, 2002)

**ABSTRACT** : The ventilation rate of a ventilated filter cigarette depends on the details of its construction and on the properties of its components such as tobacco column pressure drop, filter pressure drop, tipping paper and plug wrap permeability, and vent position. Also, It was affected by the condition of adhesion of glue between tipping paper and plug wrap. This study was carried out to find the effect of surface properties of tipping paper and plug wrap, and a characteristics of glue on the ventilation rate of cigarettes. Our results indicated that the surface properties of tipping paper and plug wrap affected on the ventilation rate of cigarette. Also, the variation of ventilation rate was affected by the surface properties of tipping paper and the size of glue particles. We also found that the surface properties of tipping paper and plug wrap, and the emersion size of glue were the major factors to concern in the design for materials of cigarettes.

**Key words** : ventilation, tipping paper, plug wrap, permeability, glue

제품담배의 물성들 중 공기희석율은 연기성분 이행에 직접적인 영향을 미치는 중요한 인자이며 (Voges, 1998), 제품담배의 구조와 설계 재료품의 특성인 각초부와 필터의 흡인저항, 팁페이퍼와 필터권지의 기공도, 천공 위치, 천공 크기 등을 포함한 많은 요인에 의해서 영향을 받고(Dwyer et al., 1987; Keith, 1979; Kim et al., 2000, 2001;

Rasmussen, 1996, 1997; Selke and Mathews, 1978), 제품담배 제조시 동일한 물성의 재료를 사용하여도 접착제의 접착 상태에 따라서 제품담배의 공기희석율은 영향을 받는다는 사실은 이미 많은 연구 결과에서도 잘 알려져 있다(Rasmussen, 1996, 1997). Nicholas Baskevitch(1995)와 Dwyer, Cox 및 Bickett(1987)의 공기희석율에 대한 이론

---

\*연락처 : 305-345 대전광역시 유성구 신성동 302 번지, KT&G 중앙연구원

\*Corresponding author : KT&G Central Research Institute, 302 Shinseong-Dong, Yusong-Gu, Daejeon 305-345, Korea

적 연구 결과에서 보면 천공 위치에서 필터권지의 경우 회석 공기 흐름에 대한 유용한 필터권지의 면적은 팁페이퍼 및 필터권지 사이의 접착 상태에 따라서 영향을 받는다고 하였다. 동일한 팁페이퍼 및 필터권지의 기공도를 사용하여도 회석 공기 흐름에 대한 유용한 필터권지의 면적이 달라지는 가장 큰 이유는 접착상태에 따라서 천공 부위로 유입되어 들어 오는 공기의 흐름이 달라지기 때문이다. 종이를 통과하는 공기의 속도는 다음과 같다.

$$V = K(\Delta P)^n$$

V : 종이를 통과하는 공기의 속도(cm/min)

$\Delta P$  : 종이에 대한 압력차(cm H<sub>2</sub>O)

n : 상수, 종이의 특성

천공 부위로 유입되는 공기의 흐름은 팁페이퍼의 경우 인위적 천공으로 비교적 큰 천공 크기를 갖기 때문에 압력에 따른 공기의 흐름량이 orifice flow의 특성을 나타내어 n의 값이 보통 1미만이지만, 필터권지의 경우는 자연적으로 형성된 미세 기공의 발달로 압력에 따른 공기의 흐름이 모세관(capillary) 특성을 나타내어 n의 값이 1이다 (Baker, 1989; Selke and Mathews; 1978). 이론적 공기회석율 예측시 팁페이퍼 및 필터권지 특성에 따른 상수값 보정에도 불구하고 공기회석율에 대한 많은 이론값은 실험값과 차이를 나타낸다. 이러한 원인은 Dwyer 등(1987)에 의하면 이는 회석 공기의 흐름에 대한 유용한 필터권지의 면적이 팁페이퍼와 필터권지 사이의 접착 정도에 따라 달라지기 때문에 발생하는 차이이며, 이론적으로 계산할 수 없는 항으로 설명하고 있다. 또한 접착제의 접착 상태는 지류의 특성과 접착제의 특성에 따라서 달라질 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 팁페이퍼 및 필터권지의 표면 물성 및 접착제의 특성이 제품담배 공기회석율에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

## 재료 및 방법

제품담배 공기회석율 및 변동율을 분석하기 위

하여 4인자 2수준의 조건으로 다구짜 실험계획법 L<sub>8</sub>을 이용하여 설계하였으며, 그 결과를 다구짜 분석 및 ANOVA 분산분석하였다.

### 1) 실험 설계

실험을 위한 4인자 2 수준은 표 1과 같으며, 표 2에 나타난 바와 같이 인자간 교호작용(표 2)도 고려하여 설계하였다. (Table, 1 & 2)

실험수를 최소화 하기 위하여 다구짜 L<sub>8</sub> 실험 설계법을 이용하여 1/2 fraction으로 설계하였으며, 실험 오차를 고려하여 재현성 실험도 수행하였다.

Table 1. Parameters for design

Parameters	Level	Characteristics
A; Making machine	1	Making machine 1
	2	Making machine 2
B; Glue	1	Large particle
	2	Small particle
C; Tipping paper	1	Hydrophobic (contact angle-105°)
	2	Hydrophilic (contact angle-70°)
D; Plug wrap	1	Surfaces ; rough/rough
	2	Surfaces ; rough/smooth

Table 2. Additional parameters for statistical analysis

Parameters	Level	Characteristics
A x B	1	Interaction maker and glue
	2	
A x C	1	Interaction maker and tipping paper
	2	
A x D	1	Interaction maker and plug wrap
	2	

### 2) 필터제조 및 시험 담배 제조

두 종류의 필터권지(양면의 표면이 rough 한 권지와 한면은 smooth하고 다른한면은 rough 권

지)와 2.7/35,000d의 토우로 길이 120mm, 원주 24.2mm 체제의 필터를 제조하였으며, 필터의 흡인저항은 제품담배의 공기회석율에 직접적인 영향을 미치므로 편차가 적도록 제조하였다. 공기회석율 변동 실험은 Super 9 킬런 제조기(6,500cpm)를 이용하여 100mm 체제의 담배를 제조하였고, 실험구수 당 최소 30분(20만본 이상) 이상 제조하면서 일정 시간 간격으로 500본의 제품담배 시료를 5회 채취하여 제품담배 공기회석율을 분석하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1) 팁페이퍼 물성분석

접착제의 접착 상태는 팁페이퍼에 대한 접착제의 침투력에 따라 달라질 수 있기 때문에 모든 물성(기공도, 천공폭, 천공홀수 등)은 동일하나 표면의 접촉각(contact angle) 값이 다른 팁페이퍼를 수집하여 실험에 이용하였으며, 시료들의 접촉각을 분석하여 결과를 표 3에 제시하였다. (Table 3)

Table 3. Values of contact angle on the plug wrap surfaces

Papers	Top ( ° )			Wire( ° )		
	AV	SD	%CV	AV	SD	%CV
1	116.4	6.53	5.6	69.5	3.43	4.9
2	108.9	6.89	6.3	103.1	4.69	4.5

#### 2) 필터권지 물성 분석

현재 필터 제조에 사용되는 필터권지를 수집하여 물성 및 특성을 조사한 결과 top면과 wire면이 모두 거친 상태와 top면은 거치나 wire면은 평평한 특성으로 분석되어 표면 특성이 상이한 필터권지로 구분하여 실험에 이용하였다. 필터권지의 물성 분석 결과를 표 4에 제시하였다. (Table 4) 기공도의 경우 평균이 수준 1은 6,300cu이고, 수준 2는 6,100cu로 분석 되었다. 평량은 수준 2의 시료가 수준 1의 시료보다 1g/m<sup>2</sup> 높았으며, 물 흡수력은 수준 1과 2가 각각 22 및 20mm/10min으로 비슷한 값을 보여 주었다. 그러나 거칠음도에서는 수준 1은 top면이 6.32 $\mu$ m를 나타내며 반하여

수준 2는 5.97 $\mu$ m로 다소 낮은 값을 보였으며, wire면은 수준 1과 2가 6.57 $\mu$ m로 같은 수준을 나타냈다.

Table 4. Physical properties of plug wrap papers

Items	Unit	Level		
		1	2	
Porosity	cu	6,300	6,100	
Weight	g/m <sup>2</sup>	26.3	27.3	
Thickness	$\mu$ m	66.2	64.2	
Tensile	N/15mm	32.1	31.8	
Elongation	%	1.7	2.4	
Water absorption	mm/10min	22	20	
Roughness	$\mu$ m	Top	6.32	5.97
		Wire	6.57	6.57

#### 3) 접착제 물성 분석

실험에 사용한 접착제의 점도는 수준 1과 2 모두 1,280 cps/25 $^{\circ}$ C이고, 고형분은 48% 수준의 PVAc를 사용하였다. 단지 입자의 크기를 달리하여 입자가 큰 접착제와 작은 접착제로 구분하여 실험에 사용하였다. 이들의 유동성(rheology)을 분석한 결과 수준 1의 접착제는 약간의 thixotropic한 성질을 나타내고 있는 것으로 분석되었으며, 수준 2의 접착제는 newtonian 성을 보여 주고 있다( Fig. 1).

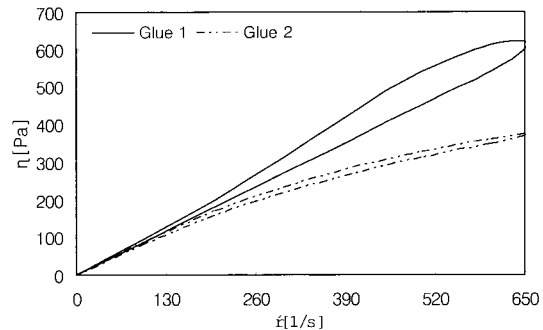


Fig. 1. Rheology of glue 1 and 2

4) 탑페이퍼, 필터권지 및 접착제 특성이 제품담배 공기회석율에 미치는 영향

인자별 제품담배 공기회석율에 미치는 영향을 연구하기 위해 두 종류의 필터권지(양면의 표면이 거치른 권지와 한면은 평편하고 다른 한면은 거치른 권지)와 2.7/35,000d의 토우를 사용하여 필터를 제조하였으며, 필터의 흡인저항은 제품담배의 공기회석율에 직접적인 영향을 미치므로 편차가 적도록 제조하였다. 표 5에 제시한 바와같이 필터 흡인저항 변동율은 약 2.2 수준으로 제조하였다. (Table 5)

제품담배 제조는 Super 9 릴런 제조기(6,500cpm)를 이용하여 실험구 당 최소한 30분(20만본 이상) 이상 제조하면서 100mm 체제의 담배를 제조하였고, 일정 시간 간격으로 500본의 시료를 5회 채취하여 공기회석율을 분석한 결과를 표 6에 나타냈

Table 5. Pressure drop of filter plugs

Level	Plug wrap	Pressure drop (120mmx24.2mm, mmH <sub>2</sub> O)		
		Av	SD	%CV
1	1	420.2	9.83	2.3
2	2	420.4	9.06	2.2

Table 6. Ventilation rates of cigarettes

Trial No.	(Ventilation rate, %)														
	1			2			3			4			5		
	Ave	SD	CV	Ave	SD	CV	Ave	SD	CV	Ave	SD	CV	Ave	SD	CV
1	57.97	4.26	7.36	57.09	4.04	7.07	56.54	2.77	4.90	56.82	2.64	4.64	56.13	2.78	4.94
2	63.61	3.01	4.73	65.06	3.88	5.97	62.69	4.23	6.74	62.62	3.31	5.29	63.43	3.27	5.16
5	60.19	4.48	7.44	61.38	3.57	5.82	61.30	4.12	6.72	61.74	3.98	6.44	62.13	4.48	7.20
6	58.61	3.04	5.19	58.13	3.16	5.44	58.82	2.95	5.02	59.03	2.98	5.05	60.34	4.93	8.17
7	62.20	3.01	4.84	61.54	2.80	4.55	61.32	3.23	5.26	63.05	2.65	4.21	62.87	3.84	6.10
8	61.63	3.85	6.25	61.95	3.75	6.06	61.37	2.30	3.74	59.33	2.47	4.16	58.81	2.32	3.94
3	56.18	2.84	5.05	56.77	2.41	4.24	56.52	2.32	4.11	56.92	2.34	4.10	55.85	4.01	7.19
4	64.80	3.44	5.31	64.19	3.05	4.75	64.61	3.96	6.13	61.90	4.15	6.71	63.15	2.89	4.57
9	61.73	4.96	8.03	63.97	3.85	6.02	67.10	3.98	5.94	70.98	4.06	5.72	60.75	4.51	7.42
10	55.57	2.83	5.10	54.34	2.64	4.86	56.80	2.54	4.46	54.76	2.66	4.86	53.51	2.81	5.25

다. 실제 제품담배의 목표 공기회석율은 57%이다.(Table 6)

실험구당 5회 수집된 시료로 부터 공기회석율, 표준편차 및 변동율을 계산하고 공기회석율 및 변동율에 대한 다구찌 분석에서 “normal the best” transformation은 통계 프로그램을 이용하여 계산하였다. 공기회석율에 대한 다구찌 분석(SN<sub>2</sub>) 결과를 그림 2에 제시하였으며, 또한 ANOVA 분석 결과는 표 7에 제시하였다.

모든 요소에 대한 95% 신뢰구간은 ±0.007877이었으며, 5 반복 95% 신뢰구간에서의 예측 신뢰

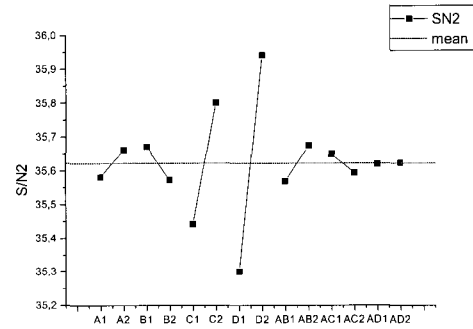


Fig. 2. Data of Taguchi analysis on the ventilation rate(SN<sub>2</sub>)

Taguchi analysis:

$$SN_2 = -10 \log \frac{\sigma^2}{y}; \text{describes variability around target}$$

$$SN_1 = -10 \log \frac{1}{y}; \text{describes position of ventilation level}$$

Table 7. Results of ANOVA's analysis of variance on the ventilation rate

Parameter	Sum of squares	Explained variance
A	0,01275	1,12%
B	0,01933	1,69%
C	0,258813	22,64%
D	0,82392	72,02%
AB	0,021987	1,92%
xAC	0,006183	0,5408%
xAD	0,000021452	0,0018764%

구간은  $\pm 0.10857$ 이다. 그림 2의 다구찌 분석 결과 및 표 8의 ANOVA 분산분석 결과를 보면 필터 제조기, 접착제 및 필터 제조기와 접착제의 교호작용이 공기회석율에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 각 인자를 조합 할 경우 얻을수 있는 최대 예측 공기회석율은 64.65%(예측  $SN_1$ 값 : 36,2117)로 양면의 표면이 거친 필터권지, 소수성 틱페이파, 입자 크기가 큰 접착제를 사용할 경우이다. 높은 공기회석율을 나타내는 원인은 양면의 표면이 거친 필터권지와 소수성 성질을 나타내는 틱페이파(contact angle ;  $105^\circ$ )를 사용하면 접착제에 대한 침투력(wettability)이 낮게 되고 필터권지의 표면이 거칠면(rough) 접착제가 경화시 접착제 입자가 필터권지 표면에 떠있게 되어 제품담배 천공 위치에서의 틱페이파와 필터로드 사이의 거리가 멀게된다. 그러므로 천공 부위에서의 공기에 대한 저항이 낮게 되고 공기회석율은 높게된다. 반대로 표면의 거침성이 낮은 즉, 평편한 필터권지와

천수성의 틱페이파(contact angle 값이 낮을수록 천수성을 나타냄) 및 입자 크기가 작은 접착제 조합시 가장 낮은 공기회석율을 나타내는 것으로 예측되며, 예측공기회석율은 56.44%(예측  $SN_1$ 값 : 36,2117)수준으로 분석되었다 이 실험결과는 제품담배 공기회석율 관리측면에서 필터권지의 표면 특성 및 틱페이파의 접촉각(contact angle)이 매우 중요한 관리인자라는 사실을 나타낸다.

다음은 제품담배 공기회석율 변동에 대하여 다구찌 분석 및 ANOVA 분산분석을 수행하였다.(Fig. 3 & table 8)

공기회석율 변동율에 대한 영향은 4 인자 모두 영향을 미치지만 이들중 틱페이파의 천수성(contact angle 값)과 접착제의 입자크기가 큰 영

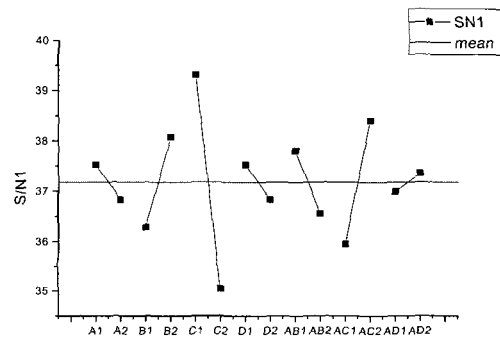


Fig. 3. Data of Taguchi analysis on the ventilation variability(SN<sub>1</sub>)

Table 8. Results of ANOVA's analysis of variance on the ventilation variability

Parameter	Sum of squares	Explained variance
xA	0,969432	1,62%
B	6,44945	10,74%
C	36,2146	60,313%
xD	0,097605	1,63%
AB	3,112388	5,2%
AC	12,04988	20,07%
xAD	0,273356	0,455%

향을 미치는 것으로 분석되었으며, 또한 쉘런 제조기와 접착제의 상호 관계에 의해서도 영향을 받는 것으로 나타났다.

### 결 론

팁페이퍼 및 필터권지의 표면 물성 및 접착제 특성이 제품담배 공기회석율에 미치는 영향을 분석하기 위하여 4인자 2수준으로 다구째 실험계획법 L<sub>8</sub>에 따라서 실험설계하여 제품담배의 공기회석율을 분석한 후 다구째 분석 및 ANOVA 분산 분석을 수행하였다. 그 결과 공기회석율에 대한 분석에서는 동일한 재료를 사용하더라도 팁페이퍼의 표면 성질(친수성)과 필터권지의 표면 거칠기(roughness)이 공기회석율 변동에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 양면의 표면이 거친 필터권지, 소수성 팁페이퍼, 입자 크기가 큰 접착제를 사용할 경우 높은 공기회석율을 나타내는 원인은 양면의 표면이 거친 필터권지와 소수성 성질을 나타내는 팁페이퍼 (contact angle ; 105°)를 사용하면 접착제에 대한 침투력(wettability)이 낮게 되고 필터권지의 표면이 거칠(rough)면 접착제가 경화시 접착제 입자가 필터권지 표면에 떨어지게 되어 제품담배 천공 위치에서의 팁페이퍼와 필터트드 사이의 거리가 멀게 된다. 그러므로 천공 부위에서의 공기에 대한 저항이 낮게 되고 공기회석율은 높게 된다. 반대로 표면의 거칠기가 낮은 즉, 평편한 필터권지와 친수성의 팁페이퍼 (contact angle 값이 낮을수록 친수성을 나타냄) 및 입자 크기가 작은 접착제 조합시 가장 낮은 공기회석율을 나타내는 것으로 예측되며, 예측공기회석율은 56.44 %(예측 SN<sub>1</sub>값 : 36,2117)수준으로 분석되었다.

공기회석율 변동율은 팁페이퍼 표면 특성과 접착제의 입자 크기가 큰 영향을 미치는 것으로 분석되므로 공기회석율에 대한 팁페이퍼와 필터권지의 표면 특성 및 접착제 입자 크기가 제품담배 재료 설계에 있어 중요한 관리인자라는 사실을 확인할 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 한국담배인삼공사의 연구비(과제 연구비)로 수행되었으며 이에 감사의 뜻을 포함합니다.

### 참 고 문 헌

Baker R. R. (1989) The viscous and inertial flow of air through perforated papers, *Beitr. Tabakforsch. Inter.*, 14(5) : 253-260.

Dwyer R. W., K. A. Cox, and J. E. Bickett (1987) Source of pressure drop and ventilation variability in cigarettes, *Recent Advances in Tobacco Science*, Vol. 13, pp 82-118.

Keith C. H. (1979) The use of pressure drop measurements for estimating ventilation and paper porosity, *Beitr. Tabakforsch. Inter.*, 10(1) : 7-16.

Kim CH. R., J. Y. Kim, C. H. Shin, H. J. Chung (2000) The effects of cigarette component variability on filter ventilation variability by Monte Carlo Analysis, *Journal of the Korea Society of Tobacco Science*, Vol. 22, No. 2. p151-156.

Kim CH. R., J. Y. Kim, C. H. Shin(2001) Effects of Tipping Paper and Plug Wrap on on Cigarette ventilation, *Journal of the Korea Society of Tobacco Science*, Vol. 22, No. 2. p151-156.

Markus Voges (1998) The influence of filter on quality, *Tobacco Journal International*, May, pp 95-100

Nicholas Baskevitch (1995) Reducing variability, *Tobacco Reporter*, March pp 40-44

Rasmussen G. T. (1996) Pressure drop and filter ventilation variability in cigarettes by Monte Carlo Analysis, 50th Tobacco Chemists Research Conference, Richmond, VA, October

- Rasmussen G. T. (1997) The effects of cigarette component variability on filter ventilation variability by Monte Carlo Analysis, paper presented at the Meeting of CORESTA Smoke and Technology Groups, pp 79-86, Hamburg, Germany, 7-11, September.
- Selke W. A. (1978) Dilution of cigarette smoke through ventilation of filters, *Beitr. Tabakforsch. Inter.*, 9(4) : 190-192.
- Selke W. A. and J. H. Mathews (1978) The permeability of cigarette papers and cigarette ventilation, *Beitr. Tabakforsch. Inter.*, 9(4) : 193-200.