

팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합이 이중필터 제품담배 공기회석율에 미치는 영향

김정열^{*} · 김종열 · 신창호
KT&G 중앙연구원
(2002년 11월 17일 접수)

The Effects of Construction of Tipping Paper and Plug Wrap Permeability on the Dual Cigarette Filter Ventilation

Chung Ryul Kim^{*}, Jong Yeol Kim and Chang Ho Shin

*KT&G Central Research Institute
(Received November. 17. 2002)*

ABSTRACT : There are many combination with the porosity of tipping paper and plug wrap for a design of ventilation rate of cigarette. This study was carried out to determine the effect of a design of permeability of tipping paper and inner or outer of plug wrap on the ventilation rate of cigarette with constant pressure drop in column part and filter part. Our results indicated that the higher the plugwrap porosity, the higher the ventilation rate and the less variable of cigarette in case of mono filter. But, in case of dual filter, the ventilation rate of cigarette was depended on the manufacturing method of filter plug, even though using the same porous plug wrap on inner and outer of filter. We also found that the porosity of outer plug wrap was more effect on the ventilation rate than the porosity of inner plug wrap. As the high porosity of inner plug wrap compared with the porosity of outer plug wrap, the less variable of ventilation rate of cigarette in any combination of the porosity of plug wrap. When we used the higher porous outer plug wrap than inner plug wrap, the ventilation rate of cigarette was high. Also, the higher the inner plug wrap porosity, the less variable of ventilation rate of cigarette.

Key words : ventilation, variation, tipping paper, plug wrap, permeability

제품담배 공기회석율은 제품담배의 구조와 설계 재료품의 특성에 의존하며(Keith, 1979; Rasmussen, 1996, 1997) 공기회석율 변동은 각초부와 필터의 흡인저항, 팁페이퍼와 필터권지의 기공도, 천공 위치, 천공 크기 등을 포함한 많은 요인에 의해서

영향을 받는다(Dwyer et al., 1987; Rasmussen, 1996, 1997; Selke, 1978). 제품담배 공기회석율은 흡연시 타르, 니코틴 등 연기 성분 이행량에 직접적인 영향(Voges, 1998)을 미치므로 제품 담배 품질 균일성 유지를 위해서는 공기회석율의 변동을

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

*Corresponding author : *KT&G Central Research Institute, 302 Shinseong-Dong, Yuseong-Ku, Daejeon 305-805, Korea*

을 최소화하여야만 한다. 그러나 모든 생산공정에는 관리가 어려운 많은 요인들이 존재하고 이들 요인들에 의해 품질의 변동은 존재할 수 밖에 없다(배도선 등, 1999).

제품담배가 목표 공기회석율을 갖게 하기 위하여는 텀페이퍼 및 필터권지의 다양한 기공도 조합에 의해서 얻을 수 있다(Kim et al, 2001). 그러나 이중 필터 제품담배를 설계하는데 있어 같은 기공도의 필터권지를 사용하더라도 기공도별 필터권지의 압력에 따른 공기 흐름특성(Selke and mathews, 1978)이 다르기 때문에 내피 및 외피의 필터권지 기공도를 어떻게 설계하느냐에 따라서 제품담배의 공기회석율은 영향을 받을 것이다. 그렇지만 이에 관한 연구는 수행되어 있지 않은 실정으로 본 연구에서는 일정한 각초부 및 필터부 흡인저항하에서 텀페이퍼 및 필터권지 내,외피 기공도 설계에 따라 제품담배의 공기회석율 및 변동율이 어떠한 영향을 받는지에 대하여 연구하였다.

재료 및 방법

텀페이퍼는 레이저 4열 천공에 기공도는 400, 800, 1200cu와 필터권지 기공도 3,500, 6,500, 14,000, 및 26,000 cu의 권지를 정아공업사와 국일제지로부터 입수하여 사용하였다. 기공도가 다른 필터권지 및 내,외피 필터권지 기공도 설계에 따른 필터플럭은 국내 필터업체에서 제조하였으며, 제품담배는 Time 제품 표준에 준하여 제조장에서 제조하였다. 공기유입량 및 공기회석율 측정은 Heir Borgwaldt사의 Air Permeability Tester(A40)와 Filtrona사의 공기회석율 측정기(QTM 15)을 이용하여 압력에 따른 공기 유입량과 제품담배 공기회석율을 분석하였다.

결과 및 고찰

측정 압력에 따른 필터권지 공기 유입량 분석

필터권지 기공도는 제조과정 중 섬유들의 배열 및 결합시 형성되는 공간에 의해서 기공도가 형성되기 때문에 텀페이퍼와 같이 인위적 천공에 의한 기공을 갖지 않는다. 그러므로 압력을 부여했을

경우 필터권지를 통과하여 나가는 공기의 흐름 패턴이 텀페이퍼와는 다르다. 즉, 텀페이퍼는 공기의 흐름이 orifice와 capillary flow 특성의 중간 특성을 나타내는 반면, 필터권지는 capillary flow 특성을 일반적으로 나타내는 것으로 알려져 있다. 그렇기 때문에 필터권지 기공도에 따라라도 압력에 따른 공기흐름이 큰 차이를 보일 것으로 예상되어 각 필터권지 기공도별 압력에 따른 공기 유입량을 분석하였다.

Fig. 1에서 보는바와 같이 측정압력을 500~1,500 Pa로 증가시킴에 따라서 공기 유입량은 증가하나 각 필터권지 기공도별로 압력에 따른 공기 유입량 패턴은 높은 기공도의 필터권지는 압력에 따른 공기 유입량 관계가 1:1에 가까운 상관성을 나타낸다. 즉 26,000 cu의 필터권지는 500 Pa에서 15,860 ml/cm².min이나 압력을 1500 Pa로 증가시킬 경우 34,020 ml/cm².min으로 증가한 반면, 6,500 cu 권지는 500 Pa에서 3,567 ml/cm².min이고 1,500 Pa에서는 7,780 ml/cm².min으로 나타나 증가폭이 26,000 cu 권지에 비하여 적었다.

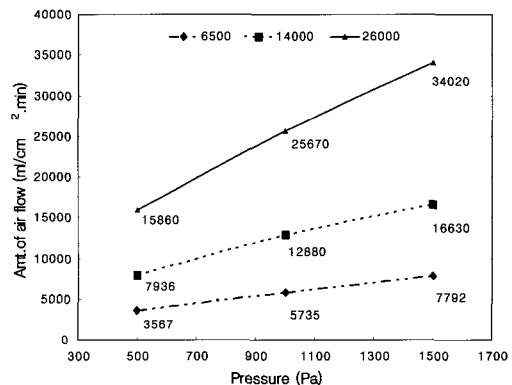


Fig. 1. Flow characteristics of samples of porous plug wrap paper as a function of pressure(Pa)

이는 기공도가 높을 수록 압력에 대하여 더 capillary 공기 흐름 특성을 나타낸다고 볼수 있다.

필터권지 기공도 조합별 공기 유입량 분석

탄소복합 필터플럭의 경우 필터 제조를 위하여 2중의 필터권지를 사용한다. 이때 내피 및 외피의

팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합이 이중필터 제품담배 공기회석율에 미치는 영향

기공도 조합방법에 따라서 제품담배 공기회석율이 변하므로 이들 조합에 따라서 2겹의 필터권지를 겹친 후 1000Pa의 압력하에서 필터권지를 통과하는 공기 유입량을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

Table 1. Amount of air flow through overlap with inner and outer plug wrap paper at 1,000 Pa

Permeability(cu)		Air flow	SD	%CV
Outer	Inner	(ml/cm ² .min)		
	6,500	2,971	213	7.2
6,500	14,000	4,198	262	6.2
	26,000	4,781	364	7.6
	6,500	4,431	281	6.3
14,000	14,000	7,406	298	4.0
	26,000	10,010	445	4.4
	6,500	5,200	372	7.2
26,000	14,000	10,220	475	4.6
	26,000	15,440	474	3.1

필터권지 내피 및 외피를 기공도별로 조합하여 2겹으로 한 후 1000 Pa의 압력하에서 공기가 권지를 통과한 공기 유입량을 분석한 결과(Table 1.), 동일 기공도의 필터권지로 내,외피를 조합하더라도 단일 필터권지의 기공도 보다 낮은 공기 유입량을 나타내었다. 내,외피 필터권지의 기공도를 다르게 조합할 경우는 내피와 외피중 낮은 기공도의 필터권지 기공도 값에 근접하는 공기 유입량을 나타낸다.

또한 Fig 2에서 볼 수 있듯이 내피 기공도에 의한 공기 유입량 증가보다는 외피 기공도에 의한 공기 유입량 증가율이 약간 높게 나타났다. 즉, 예를 들면 6,500cu와 14,000cu의 필터권지를 조합할 경우 공기 유입량은 4,431ml/cm².min. 이었으나, 외피의 기공도를 14,000cu로 조합하는 경우는 4,198 ml/cm².min.로 이중의 필터권지를 조합시 내피보다는 외피의 필터권지 기공도를 높게 설계하는 것이 공기 유입량이 높게 나타났다. 이는 내,외피 기공도가 다를 경우 외피를 이루는 필터권지의 기공도

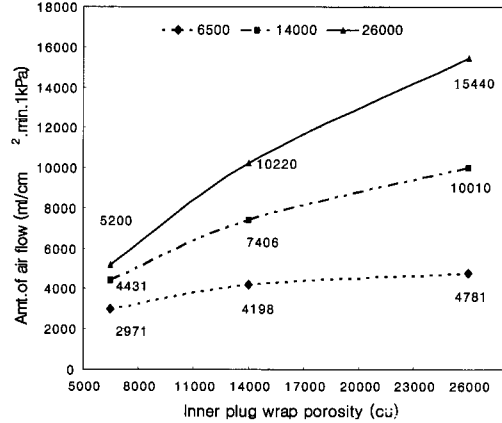


Fig. 2. Flow characteristics of samples through overlap with inner and outer plug wrap paper.

가 높을수록 외부로부터 공기가 유입될 때 필터권지가 받는 저항이 감소하기 때문에 사료된다.

팁페이퍼와 필터권지 조합에 따른 공기 유입량의 변화

실제 제품담배에서는 필터와 각초부를 결합시키기 위하여 필터권지를 팁페이퍼로 감싸기 때문에 팁페이퍼의 기공도에 따라서 필터권지를 통하여 들어오는 공기의 유입량은 영향을 받는다. 그러므로 팁페이퍼와 필터권지를 겹친 후 압력 1,000 Pa 하에서 팁페이퍼와 필터권지를 통과하는 공기 유입량을 분석하였다.

- 모노필터

Table 2에서 보는 바와 같이 단일필터의 경우 필터권지와 팁페이퍼의 기공도 증가에 따라 유입되는 공기의 양이 증가하였으나, 필터 권지에 의한 영향 보다는 팁페이퍼 기공도에 의해 공기 유입량이 크게 영향을 받는 것으로 분석되었다. 변동율의 경우 필터권지의 기공도가 증가할 수록 선형적으로 감소하였으나, 팁페이퍼 기공도에 따라서는 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 제품 설계시 팁페이퍼의 기공도 보다는 필터권지의 기공도를 높이면 제품담배 공기회석율 편차를 줄일 수 있음을 제시한다.

Table 2. Amount of air flow through overlap with tipping and plug wrap paper at 1,000 Pa

Tipping paper (cu)	Plug wrap (cu)	Air flow (ml/cm ² . min)	SD	% CV
400	3,500	240.6	18.4	7.7
	14,000	321.3	15.2	4.7
	26,000	356.2	18.2	5.1
800	3,500	454.7	29.7	6.5
	14,000	612.1	24.9	4.7
	2,6000	680.2	22.2	3.7
1,200	3,500	564.0	53.1	9.4
	14,000	796.3	46.1	5.8
	26,000	953.6	43.5	4.6

- 이중복합 필터

외피 기공도가 6500cu일 경우 내피 기공도의 증가에 따라 공기 유입량이 증가하였으나, 26,000 cu일 경우에는 내피 기공도 증가에 따라서 크게 영향을 받지 않았다(Table 3).

또한 필터권지만을 조합하여 측정 한 결과에서는

Table 3. Amount of air flow through overlap with tipping and plug wrap paper, inner and outer, at 1,000 Pa

Tipping paper (cu)	Plug wrap paper(cu)		Air flow (ml/cm ² . min)	SD	%CV
	Outer	Inner			
500	6,500	6,500	232.1	24.2	10.4
		14,000	266.4	23.2	9.8
		26,000	336.9	24.1	7.2
	14,000	65,00	313.7	15.8	5.0
		14,000	331.4	15.9	4.5
		26,000	356.8	19.8	6.0
26,000	6,500	379.5	14.7	3.9	
	14,000	390.5	16.2	4.1	
	26,000	393	16	4.1	

외피가 26,000cu이고 내피가 6,500cu인 시료가 내.외피를 14,000cu로 사용한 시료 보다 공기 유입량이 낮게 나타났으나, 텡페이퍼 기공도 500cu를 조합한 경우 이와는 반대의 현상을 나타내고 있다. 그 원인은 1,000Pa의 압력하에서 텡페이퍼를 통과한 500ml/min.cm²의 공기가 다시 필터권지를 통과 하면서 저항을 받게 되는데 외피 기공도가 클수록 유입되는 공기에 대한 저항이 적고, 확산에 의한 공기 유입량이 많아지면서 내피의 기공도를 충분히 유지하기 때문인 것으로 판단된다.

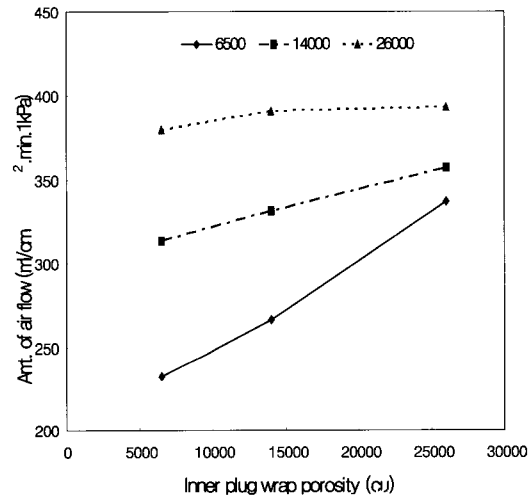


Fig. 3. Flow characteristics of samples through overlap with tipping paper and plug wrap paper, inner and outer.

텡페이퍼 및 필터권지 기공도 조합이 제품담배의 공기회석율에 미치는 영향

아세테이트 모노필터 제품

아세테이트 필터 제품은 텡페이퍼, 필터권지 및 필터 흡인저항이 증가 함에 따라 공기회석율이 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 공기회석율 변동율은 필터권지 기공도가 증가함에 따라 감소하였으나, 텡페이퍼 기공도는 큰영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한 흡인저항이 증가함에 따라 다소 감소하는 경향으로 나타났다.

팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합이 이중필터 제품담배 공기회석율에 미치는 영향

Table 4. Ventilation of cigarette constructed with cellulose acetate mono filter

Tipping paper (cu)	Plug wrap (cu)	Filter Pressure drop (cu)	VR (%)	SD	%CV
400	3,500	320	32.4	2.45	7.6
	14,000	480	45.9	2.02	4.4
	26,000	400	47.3	1.87	4.0
800	3,500	480	53.8	2.44	4.5
	14,000	400	60.4	2.39	4.0
	26,000	320	65.1	2.80	4.3
1,200	3,500	400	52.0	3.03	5.8
	14,000	320	65.3	2.33	3.6
	26,000	480	75.7	1.93	2.6

이중 복합필터 제품

이중 탄소복합 필터플럭의 내피와 외피 필터권지의 기공도를 6,500cu+14,000cu, 6,500cu+26,000cu, 14,000cu+6,500cu, 14,000cu+14,000cu 및 26,000cu+6,500cu로 설계하여 필터플럭을 만들고, 이들 필터플럭과 기공도 500cu인 팁페이퍼로 설계된 제품담배를 제조장에서 제조한 후 공기회석율을 분석하였다.

Fig. 3에서와 같이 외피 6,500cu에 내피 기공도를 14,000cu 및 26,000cu으로 조합하여 제조한 제

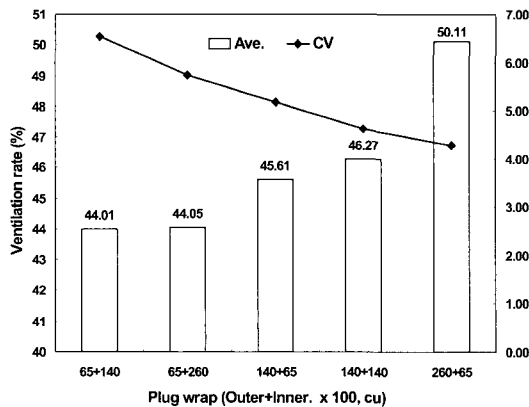


Fig. 4. Ventilation rate of cigarette constructed with cellulose acetate dual filter.

품의 공기회석율을 보면 44.0% 및 44.1%로 내피의 기공도 증가에 따라 약간 증가하나 큰 차이를 보이지 않았다. 즉, 외피의 기공도가 같을 때 내피의 기공도를 증가시키면 제품담배 공기회석율은 증가하나 그 영향은 크지 않음을 알 수 있었다.

그러나 반대로 내피의 기공도를 같게하고 외피의 기공도를 증가시키면 제품담배 공기회석율은 큰 폭으로 증가한다. Fig. 4에서 내피 기공도 6,500cu에 외피 기공도를 14,000cu 및 26,000cu로 조합하여 제조한 제품담배의 공기회석율 분석 결과를 보면 46.3%에서 50.1%로 4% 정도 증가하였다. 즉, 필터플럭을 구성함에 있어 내피의 기공도 보다는 외피의 기공도가 제품담배 공기회석율에 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 또한 제품담배 품질의 한 항목인 변동율에서도 필터권지 내,외피 기공도를 증가시킬 수록 감소함을 알 수 있었다.

이는 이중필터 설계시 필터플럭의 내피보다는 외피의 기공도를 높게 설계해야 하며, 품질 편차를 감소시키기 위해서는 필터권지의 기공도를 가능한 높게 설계하는 것이 제품담배 공기회석율을 안정화시키는데 중요한 인자임을 제시한다.

결론

제품담배 공기회석율 설계를 위한 팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합에는 여러 가지의 조합 방법이 있을 수 있다. 본 연구에서는 일정한 각초부 및 필터부 흡인저항하에서 팁페이퍼 및 필터권지 내,외피 기공도 설계에 따라서 제품담배의 공기회석율 및 변동율이 어떠한 영향을 받는지 실험하였다. 그 결과 단일 필터의 경우 동일 팁페이퍼 기공도로 설계시 필터권지 기공도가 높을 수록 제품담배 공기회석율은 높게 나타났으며, 변동율은 감소하는 것으로 분석되었다. 그러나 이중 필터의 경우는 필터플럭 제조시 동일한 기공도의 내,외피 필터권지를 사용하더라도 어떻게 필터플럭을 제조하느냐에 따라서 제품담배의 공기회석율 값이 다르게 나타났다. 실험에서 내피보다는 외피의 기공도가 공기회석율에 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 같은 내,외피 기공도를 조합 사용하더라도

도 내피의 기공도가 높을수록 제품담배 공기회석율의 변동율이 적은 것으로 분석되었다. 즉 동일한 내,외피 필터권지로 필터플럭을 제조함에 있어 외피의 기공도를 내피보다 높은 필터권지를 사용하면 공기회석율도 높게 나타난다. 아울러 내피의 기공도는 높일 수 록 제품담배 공기회석율의 변동이 적은 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 (주)케이티앤지 연구개발비(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, H. J. Chung (2002) Effects of tipping paper and plug wrap on cigarette filter ventilation, *Journal of the Korea Society of Tobacco Science*, Vol. 23, No. 1. p60-64.

Lipp, G. (1966) *Beitr. Tabakforsch. Inter.*, 3 : 477.

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.