

자동차 클러치 페이싱용 마찰방적사 개발에 관한 연구(I)

박 민균, 양 중식
한국섬유기술연구소

1. 서 론

자동차의 클러치 장치는 엔진과 변속기 사이에 위치하여 발진 및 변속 동작에 필요한 미끄러짐과 동력을 전달하는 장치로서 클러치의 성능은 클러치를 구성하는 여러 가지 부품 중 마찰재인 클러치 페이싱의 성능에 크게 좌우된다.

클러치 페이싱용 보강재로는 석면, 유리섬유, 아크릴, 비스코스 레이온, 케블라, 구리, 황동 등을 써서 직물 혹은 방적사 구조로 이용할 수 있으나, 현재는 인체 유해성과 관련하여 석면은 거의 사용되지 않으며, 또한 클러치 페이싱의 물성과 관련하여 직물 구조의 보강재보다는 방적사 구조의 보강재 활용이 늘고 있는 실정이다[1-2].

방적사 구조를 보강재로 쓰는 경우, 함침성과 관련하여 실의 별키성이 커야 하는데, 마찰정방기는 극대번수의 실을 고속으로 제조할 수 있다는 장점과 실의 별키성을 크게 할 수 있다는 장점이 있다. 2개의 다공 로울러(정방 드럼)를 갖춘 DREF-2 마찰정방기는 방적사에 우수한 부피감을 부여하여 수지 함침성능이 뛰어나며, 특히 1980년대 후반부터 유럽 자동차 시장에서 클러치 페이싱용 보강재로서 마찰방적사 제조에 많이 활용되고 있다[3-5].

본 연구에서는 DREF-2 마찰정방기를 이용하여 클러치 페이싱용 보강재로서 glass yarn을 주성분으로 하고, 구리선 및 아크릴 섬유를 이용한 코어형 마찰방적사를 개발하고, 최종적으로는 마찰방적사를 이용한 우수한 품질의 클러치 페이싱 제조를 통해 마찰방적사 제조 공정 조건이 마찰방적사 물성 및 클러치 페이싱 물성에 미치는 영향을 연구하였다.

2. 실 험

2.1. 마찰방적사 제조

2.1.1. 코어용 원료

치수 안정성, 내부식성, 내열성 및 수지와와의 결합성이 우수할 뿐만 아니라 작업시 분진 발생이 적은 glass yarn(E-type, 9~17 μ m)과 마찰로 인해 페이싱 표면 온도가 상승될 때 열전달 및 열분산을 위해 구리선(ϕ 0.1~0.3mm)을 사용하였다.

2.1.2. 사이드용 원료

용융되지 않고 탄화되는 섬유인 아크릴 섬유(2D, 51mm, semi dull)를 이용하였다.

2.1.3. 마찰정방 공정조건

Table 1. Spinning conditions

DREF-2/86 friction spinning Machine(Dr. E. Fehrer社)	
Combing roller speed(rpm)	4,200
Number of drawing slivers	4
Spinning drum speed(rpm)	1,000 ~ 2,000
Outlet roller speed(m/min)	100 ~ 200
Inlet roller speed(m/min)	3.0 ~ 5.0
Suction pressure(-mbar)	15 ~ 35
Linear density(tex)	3,400
Friction ratio*	2 ~ 5

* Friction ratio = circumferential speed of spinning drum / outlet roller speed

2.2. 마찰방적사 물성 평가

2.2.1. 인장성질

USTER TENSORAPID III(CRE type)를 이용하여 KS L2513의 시험법에 따라서 인장 강도, 신도 및 모듈러스(5% 신장시)를 측정하였다.

2.2.2. Wicking length

코어 유리사의 별키성을 평가하기 위해 톨루엔 99%와 염료 1%의 혼합용액에 방적사 시료 20cm 중 2cm를 수직 방향으로 1분간 침지, 건조시킨 후 모세관 효과에 의해 그 용액이 유리사의 길이 방향으로 흡수된 길이를 측정하였다.

2.2.3. Slipping resistance force[6]

마찰방적사의 코어와 시이드를 각각 Instron의 상하 클램프에 물리고 코어/시이드 분리 강력을 측정한 것으로 시료 길이는 10cm로 하였다.

2.3. 클러치 페이싱 제조

2.3.1. 클러치 페이싱 제조 공정

원사 함침, 권취, 열성형, Trimming, 열처리, 연마, 방청, 수정, 드릴링 공정을 거쳐 외경 200mm, 내경 130mm, 두께 3.5mm인 클러치 페이싱을 제조하였다. 이때 함침액은 무기충진제, 유기충진제, 수지, 합성고무, 윤활제 등을 이용하여 배합하되, 본 연구에서의 배합비는 일정하게 유지하였다.

2.4. 클러치 페이싱 물성 평가

2.4.1. 함침비

결합제와 충진제 등이 함유된 액에 방적사를 함침시키고 대기상태에서 30분간 건조한 후, 함침전 건조 실 무게에 대한 함침후 실에 묻은 매트릭스 수지의 양을 백분율로 나타낸 값으로서, 시료 길이는 1m로 하였다.

2.4.2. 밀도

자동차용 브레이크 라이닝 및 디스크 브레이크 패드의 비중 시험방법(KS R1099)에 따라서 페이싱의 밀도를 측정하였다.

2.4.3. 경도

자동차용 브레이크 라이닝, 디스크 브레이크 패드 및 클러치 페이싱의 경도 시험방법

(KS R1072)에 따라서 로크웰 경도 시험기(한국 신풍社, S 스케일, 12.7mm ϕ 강구)를 이용하여 페이싱의 경도를 측정하였다.

2.4.4. 굽힘강도

자동차용 클러치 페이싱 시험방법(KS R4022)에 따라서 만능 시험기(영국 Hounsfield社, 하강속도 : 10mm/분)를 이용하여 페이싱의 굽힘강도를 측정하였다.

2.4.5. 최대변형

자동차용 클러치 페이싱 시험방법(KS R4022)에 따라서 만능 시험기(영국 Hounsfield社, 하강속도 : 10mm/분)를 이용하여 페이싱의 최대변형을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 정방공정 조건에 따른 마찰방적사 물성 변화

정방공정 조건중 흡입압력과 마찰비를 달리하여 제조한 마찰방적사의 물성을 Figure 1 ~ Figure 3에 나타내었다. 모듈러스는 마찰비와 흡입압력이 증가할수록 감소하는 경향을 보였는데 이는 마찰비와 흡입압력이 낮으면 시이드 섬유들이 벌키하게 되어 인장 초기에 이미 코어의 유리사에 높은 응력이 발생하여 초기 모듈러스값이 커지게 되며, 마찰비와 흡입압력이 높으면 시이드 섬유들이 컴팩트하게 되어 많은 꼬임이 가해진 시이드 구조로 인해 인장 초기에 어느 정도 신장 후 코어의 유리사에 높은 응력이 발생하므로 초기 모듈러스 값이 작아지게 되는 것으로 사료된다(Figure 1). 한편 wicking length는 마찰비 증가에 따라 증가하였으며, 동일 마찰비에서의 흡입압력이 높을수록 더 높은 수준을 보였다(Figure 2). 이는 유리사의 필라멘트간 간격이 넓게 배열되어 있다면 조밀하게 배열된 형태에 비해 모세관 효과가 덜 나타나게 되어 wicking length가 짧아지게 되는 것으로 보인다. Figure 3의 코어/시이드 분리강력 역시 wicking length와 같은 경향을 나타내었다.

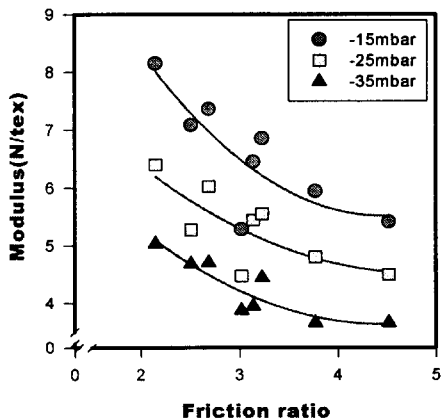


Figure 1. Effect of friction ratio on the modulus of friction spun core yarn varying in suction pressure.

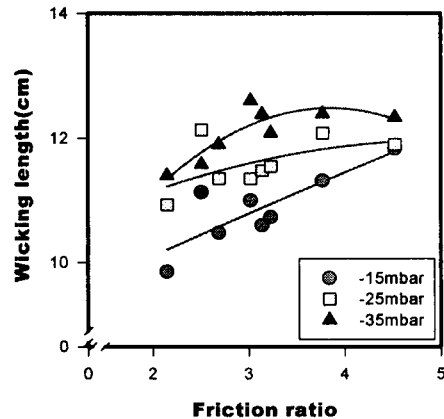


Figure 2. Effect of friction ratio on the wicking length of friction spun core yarn varying in suction pressure.

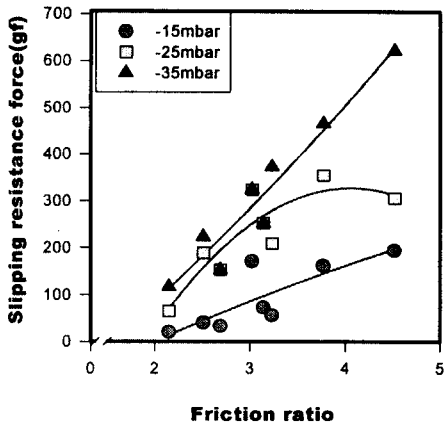


Figure 3. Effect of friction ratio on the slipping resistance force of friction spun core yarn varying in suction pressure.

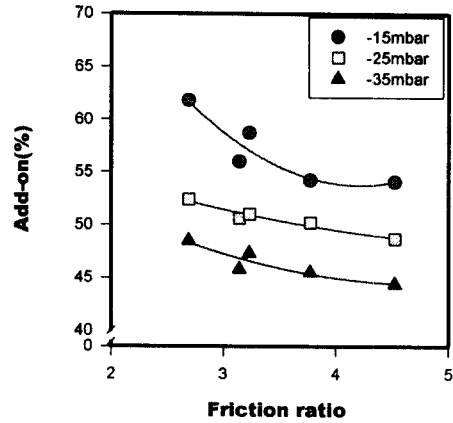


Figure 4. Effect of friction ratio on the add-on of friction spun core yarn varying in suction pressure.

3.2. 마찰방적사의 물성과 함침비와의 관계

클러치 페이싱이 우수한 물성을 갖기 위해서는 적정 배합비의 함침액이 보강사에 균일하게 침투되는 함침성이 매우 중요하다.

일반적으로 마찰정방기에서 마찰비와 흡입압력이 낮아질수록 실의 직경이 커지고, 실의 CV%가 커지며, 꼬임수가 작아지는 등 실이 부피감을 갖는 구조가 된다[7-11]. 이에 따라 마찰비를 달리하여 제조한 마찰방적사의 함침비와 마찰방적사 물성과의 상관관계를 알아보기 위해 조사한 결과 Table 2와 같은 상관계수(r)를 얻었다.

Table 2. Correlation coefficient of add-on vs. properties of friction spun core yarn

Yarn Property	Tenacity	Elongation	Modulus	Wicking length	Slipping resistance force
Correlation Coeff.(r)	0.35	0.59	0.94	-0.80	-0.88

suction pressure : -15mbar

Table 2에 의하면 마찰방적사의 모듈러스인 경우 함침비와 양의 상관관계를 나타내고 있는데 마찰비가 낮으면 시이드 섬유 부피감으로 인해 실의 초기 모듈러스와 함침비가 높아지게 되고, 마찰비가 높으면 시이드 섬유의 조밀감으로 인해 실의 초기 모듈러스와 함침비가 낮게 나타나는 것으로 사료된다. 또한 wicking length와 코어/시이드 분리강도는 함침비와 음의 상관관계를 나타내고 있는데 이 또한 방적사의 별키한 구조가 실의 함침비와 높은 양의

상관관계가 있음을 의미한다.

Figure 4는 마찰비와 흡입압력 변화에 따른 마찰방적사 함침비 변화를 나타낸 것으로서, 마찰비가 증가할수록 함침비가 감소하고, 동일 마찰비에서 흡입압력이 높을수록 함침비는 더 낮은 값을 가짐을 알 수 있다. 이 때 -25mbar 이상의 흡입압력하에서 제조한 마찰방적사에 대한 함침비는 실제 클러치 페이싱 제조시 요구되는 수준에 미치지 않는 것으로 사료되며, 2.6 이하의 마찰비를 갖는 마찰방적사는 함침공정에서 크릴링 작업시 시이드 섬유가 너무 쉽게 벗겨지는 경향이 있어 클러치 페이싱용 보강사로 적합하지 않은 것으로 사료된다.

3.3. 클러치 페이싱 물성 평가

클러치 페이싱의 물성 중 밀도는 마찰비에 따라 거의 차이가 없었으며 대략 1.85g/cm³ 정도로 나타났다. 클러치 페이싱의 경도 역시 마찰비에 따른 변화는 거의 없었으며, 전체적으로 약 100HRS 이하의 수준으로 나타났다. 굽힘강도와 최대변형은 Figure 5, 6에서와 같이 마찰비가 증가함에 따라 낮아지는 경향이 나타났는데, 이는 마찰비가 낮을수록 실의 함침비가 증가하여 클러치 페이싱의 굽힘 특성이 개선되는 것으로 사료된다.

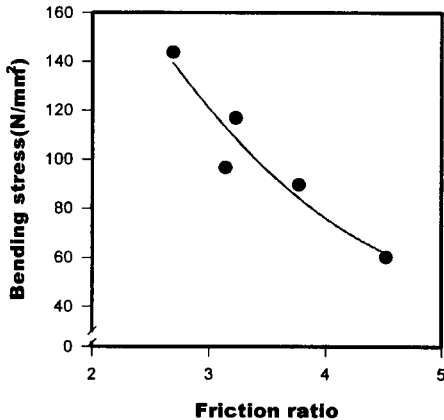


Figure 5. Effect of friction ratio on the bending stress of clutch facing(suction pressure : -15mbar).

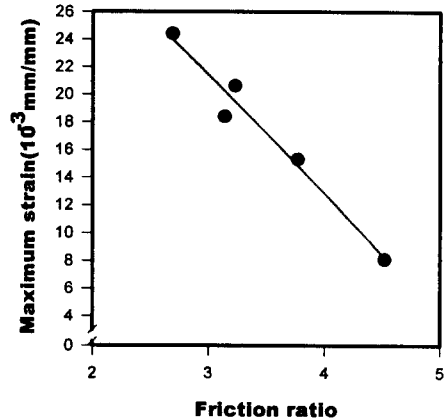


Figure 6. Effect of friction ratio on the maximum strain of clutch facing(suction pressure : -15mbar).

4. 결 론

우수한 클러치 페이싱을 제조하기 위해서는 보강재인 마찰방적사의 물성이 우수해야 하며, 또한 그러한 실을 제조하기 위한 공정 인자에 대한 고찰이 필요하다. 이를 위해 마찰방적 공정 인자가 마찰방적사 및 클러치 페이싱의 물성에 미치는 영향을 연구한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 마찰비와 흡입압력이 감소할수록 마찰방적사의 모듈러스가 증가되었고, wicking length 및 코어/시이드 분리강력은 감소되었다.
- 2) 마찰방적사의 함침비는 마찰방적사의 모듈러스가 증가할수록, wicking length 및 코어/시이드 분리강력이 감소할수록 향상되는 것으로 나타났다.
- 3) 클러치 페이싱 물성중 밀도와 경도는 보강사의 마찰비에 따른 영향은 받지 않는 것으로 나타났으며, 실의 마찰비가 감소할수록 함침비가 증가하여 굽힘강도와 최대변형은 커지는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 유성렬, 장상구, “자동차 공학”, 크라운 출판사, 1995
2. 은정표, 신창선, “새시의 구조”, 동신 출판사, 1996
3. M. Gsteu, *Textile Trends*, **37**, 37(1994).
4. M. Gsteu, *Textile Trends*, **37**, 43(1994).
5. M. Gsteu, *Textile Technology International*, 67(1995).
6. M. Miao, Y. How, and S. Ho, *Text. Res. J.*, **66**, 676(1996).
7. P. R. Lord, C. W. Joo, and T. Ashizaki, *J. Text. Inst.*, **78**, 234(1987).
8. M. J. Alagha, W. Oxenhan, and C. Lype, *Text. Res. J.*, **64**, 185(1994).
9. H. Kato, M. Shimakura, *J. Text. Mach. Soc. Japan*, **47**, T59(1994).
10. F. Konda, M. Okamura, A.A. Merati, and T. Yokoi, *Text. Res. J.*, **66**, 446(1996).
11. A. M. Sharrouf, A. A. Salman, and M. H. Mostapha, *Textile Asia*, **27**(9), 58(1996).