

산업용 Felt 신뢰성 평가에 관한 연구

박대균, 강국진, 김기영*, 노석홍, 전두환
 (재)한국섬유기계연구소, *한국생산기술연구원

A Study on the Reliability Evaluation for the Industrial Felt

Dae-Kyu Park, Kookjin Kang, Ki-Young Kim*, Seok-Hong Noh, and Du-Hwan Chun

Korea Textile Machinery Research Institute

**Technical Textile Team, Korea Institute of Industrial Technology*

1. 서론

신뢰성은 제품의 최초품질을 목표시간 동안 만족스럽게 유지할 수 있는 특성으로 "시간에 따른 기본품질"을 의미하고, 수요자들이 체감하는 실제품질이라는 측면에서 생산자 중심의 공정품질과는 구분된다. 최근 사회적 환경의 변화에 따라 신뢰성에 대한 요구가 증대 되고, 제품의 신뢰성 예측 및 보증의 중요성이 급증하는 추세이다.

산업용 섬유 제품이면서 섬유제품 후가공 공정의 중요 부품인 산업용 Felt는(그림 1) 알루미늄 압출라인의 이송용, 니트 제품의 원단에 수분, 열, 압력을 가해 강제 수축시켜 니트 제품의 추가 수축을 방지하여 원단의 안정화와 광택을 부여하는 니트 방축 가공용, 전사용 종이에 인쇄된 무늬를 원단에 옮겨 염색을 하는 전사나염용, 원단의 구김방지, 다림질 기능과 광택을 부여하는 모직용 등 섬유의 부가가치를 향상시키는 섬유 후가공 공정에 필수적인 부품이다. 또한 산업용 Felt는 고온(100 ~ 200℃), 고장력, 고굴곡성의 매우 가혹한 환경에서 사용되며, Felt의 품질 및 내구성이 생산제품의 품질 및 생산량에 직접적인 영향을 미친다. 이러한 연유로 산업용 Felt 제조기술은 향상된 기술수준과 사용자에게 높은 신뢰도를 요구한다. 따라서 선진국의 주요 산업체들은 자체 평가기술을 활용하여 자사제품의 산업용 Felt 내구성 및 수명연한을 명기하고, 꾸준한 평가 기준을 자체적으로 고안 및 보완해 오면서 신뢰성 있는 제품임을 부각시켜 판매하는 실정이다. 그러나 선진외국에서 개발한 자체 평가기술은 철저히 비공개에 부쳐져, 국내로의 기술도입은 불가능한 상태이고, 국내에서는 아직 산업용 Felt에 대한 신뢰성 평가방법 및 결과가 전무한 상태이기 때문에 후가공 업체로부터 교환주기 및 신뢰성에 대한 불만이 고조되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 산업용 Felt중에서 신뢰성 확보가 가장 시급한 대상에 대한 신뢰성 평가 기술을 개발하여 제품의 신뢰성 확보와 신규 개발품의 검증에 적극적으로 활용할 뿐만 아니라, 품질향상에 기여하고자 한다.

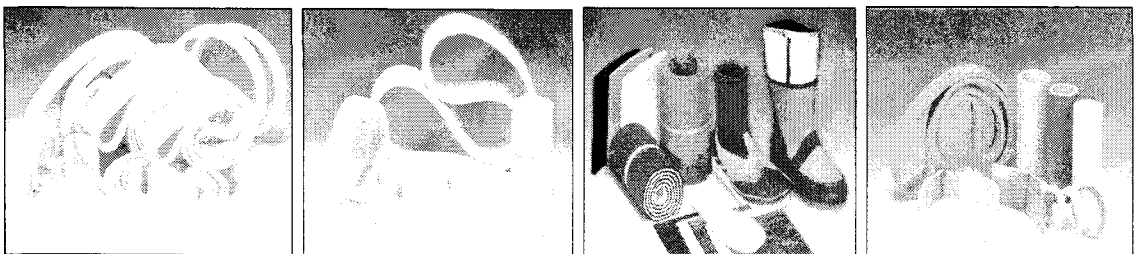


그림 1. 다양한 산업용 Felt.

2. 신뢰성 평가장치 설계 및 제작

2.1. 산업용 Felt 사용 환경 및 인자

금속성형물 이송용, 니트 방축 가공용, 전사 나염용, 원단구김 방지용 Felt 중에서 가장 널리 사용되고 있는 니트 방축 가공용을 신뢰성 확보가 가장 시급한 대상으로 선정하였고, 사용 배치도 및 현장을 그림 2에, 사용 시 열화상 카메라로 측정한 롤러 및 Felt의 온도분포를 그림 3에, 그리고 사용 환경을 표 1에 나타내었다. 표 1에서도 알 수 있듯이 Felt는 사용시간, 하중, 온도, 속도 등과 같은 부하에 의해 발생하는 스트레스로 인해 고장을 일으키고, 이는 성능이 시간에 따라 저하되는 열화고장으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 산업용 Felt의 실사용조건보다 가혹한 조건에서 시험하여 고장을 촉진시키고 이들의 성능 및 품질을 평가하여 수명과 성능의 상관성을 확립하고자 한다.

표 1. 니트 방축 가공용 Felt 사용 환경.

Felt	치수: 폭 2550mm×둘레 2750mm×두께 20mm 재질: 노맥스 화이버 6mm+ (폴리에스터+울) 14mm, 심사: 케블라+폴리에스터
사용온도	열매유 방식, 130±5℃
동작하중	3.5±0.3kgf/cm ²
동작속도	25±5m/min
교환주기	12개월 (사용시간 약 3,000 시간)

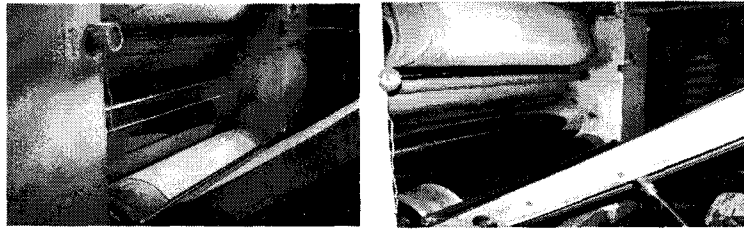
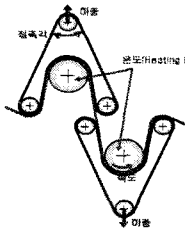


그림 2. 니트 방축 가공용 Felt 사용 배치도 및 사용 현장.

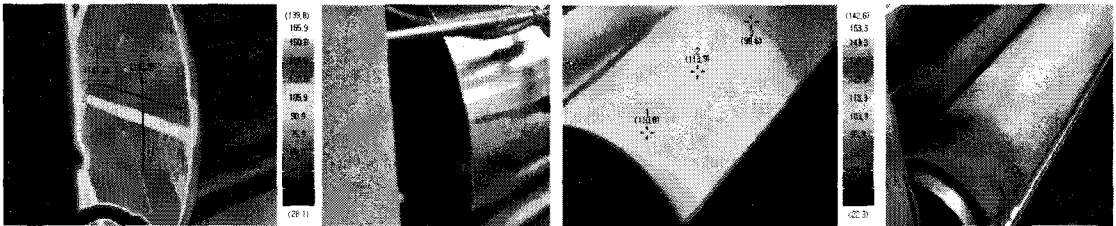


그림 3. 가열 롤러 및 Felt 표면 온도.(가열 롤러 표면 약 130℃, Felt 표면 약 110℃)

2.2. 신뢰성 평가장치 설계 및 제작

앞서 언급한 바와 같이 Felt의 성능에 영향을 미치는 주요소는 온도, 운전속도, 하중이고, 본 연구에서는 가혹한 조건에서 고장을 촉진시키는 가속시험을 행하여 신뢰성을 평가하고자 하였다. 따라서 실사용보다 가혹한 조건을 부여할 수 있는 신뢰성 평가장치를 설계하고 제작하였으며 이를 그림 4에, 평가장치 사양을 표 2에 나타내었다. 실제 니트 방축 가공용 장치와 동일한 구조를 가지며, 가속시험을 위하여 실제보다 축소된 크기로 제작하였다.

표 2. 신뢰성 평가장치 사양.

구분	평가장치 사양
메인롤러	열매유 방식 (온도제어: ~250±1℃)
하중제어	Load cell+servo motor 하중제어 (~100±0.1kgf/cm ²)
속도제어	Motor를 이용한 속도제어 (~200±1m/min)

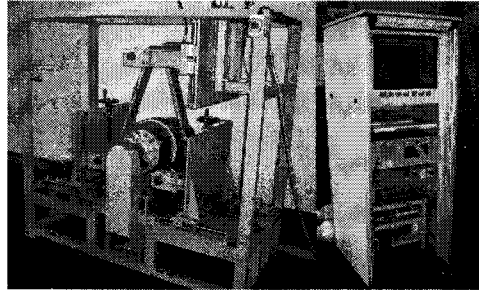
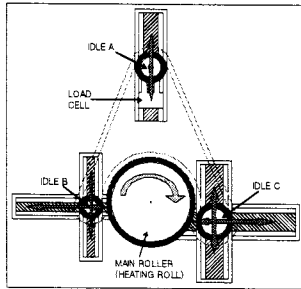


그림 4. Felt 신뢰성 평가장치.

3. 신뢰성 시험 및 평가

니트 방축 가공용 Felt는 가열 물러의 온도, 압력, 속도등에 장시간 노출됨으로 인하여 Felt를 형성하는 섬유간의 결합력을 저하시켜 고장이 발생하고, 이는 물성과 성능을 변화시킨다. 본 연구에서는 우선, 고장이 발생한 고품과 신제품에 대한 물성을 평가하여 성능열화를 관찰하였다. 인장시험은 300×40×20mm 시편에 30kN load cell과 50mm/min의 crosshead speed로 시험하였으며 결과를 표 3 과 그림 5에 나타내었다. 결과에서 보듯이 고품의 강도는 신제품의 50%정도 수준으로 매우 큰 변화가 일어남을 알 수 있다. 다음으로 Felt 외관을 현미경 및 SEM분석하여 그림 6에 나타내었다. 그림에서 보듯이 고품은 섬유간의 결합력이 저하되어 섬유조직 파괴가 많이 발생하였으며, 이로 인하여 강도값이 저하된 것으로 판단된다. 따라서 신뢰성 평가 시험 시 인장강도 값을 측정하여 고품과 유사한 값을 나타내는 온도, 압력, 속도, 시간 조건을 찾고자 하였고, 이를 위하여 실사용보다 가혹한 조건을 적용하여 가속시험을 행하여 그때의 인장시험 결과를 표 4에 나타내었다. 시험시간이 늘어남에 따라 strength와 elongation값이 급격히 감소하였고, 36일 시험한 샘플의 경우는 고품의 물성과 유사한 값을 나타내었으며, 이때의 가속계수는 약 3.47(3,000/864)이다.

표 3. 고품과 신제품 Felt인장시험 결과.

분류	Max Load [N]	Strength [MPa]	Elongation at max [%]
신제품	10,500	12.01	87.05
고품	5,284	6.04	23.87

표 4. Felt 신뢰성 평가 시험조건에 따른 성능.

시험온도 [°C]	속도 [m/min]	하중 [kgf/cm ²]	시간 [일]	Max Load [N]	Strength [MPa]	Elongation at max [%]
180	66	60	14	6,958	8.70	61.27
180	66	60	23	6,195	7.74	57.30
180	66	60	36	4,616	5.77	19.77

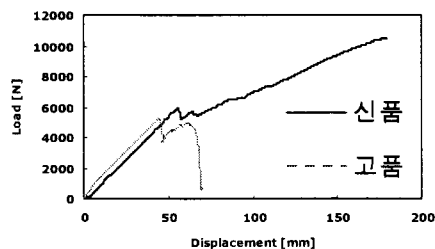


그림 5. 신제품과 고품 Felt 인장시험 및 결과.

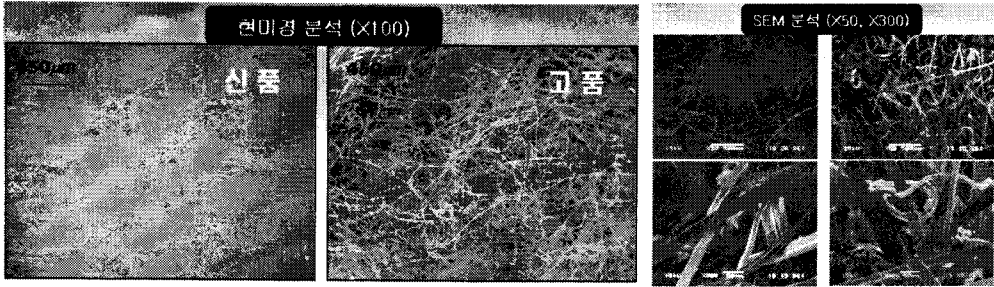


그림 6. 고품과 신품의 현미경 및 SEM 분석.

다음으로 시험시간 30일(가속계수 약 4.17)에 맞는 시험조건을 찾기 위하여 여러 경우의 시험을 수행하였는데, 36일 샘플과 유사한 값을 나타내는 시험조건은 온도 190℃, 속도 88m/min, 하중 60kgf/cm²이었으며, 이때 strength는 5.67MPa, elongation at max는 19.78%이었다. 그리고 시험조건 신뢰성 확보를 위하여 3번의 반복시험을 행하여 결과를 그림 7에 나타내었는데, 결과가 재현성을 보이는 것으로 보아 시험의 신뢰성은 충분하다고 생각된다. 이상의 결과로부터 니트 방축 가공용 Felt의 실제 사용 1년을 가속시험 조건을 적용한 30일 시험으로 충분히 단축할 수 있음을 확인하였다.

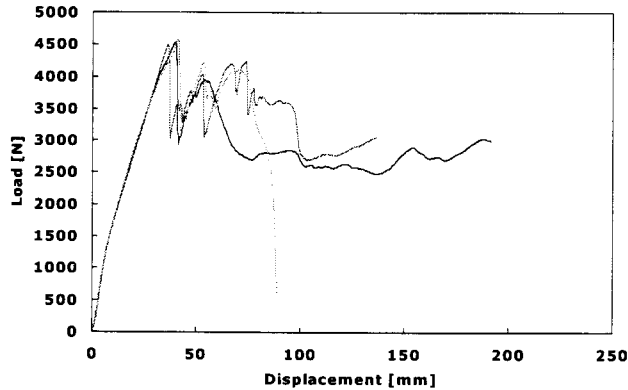


그림 7. 시험조건(시간 30일, 온도 190℃, 속도 88m/min, 하중 60kgf/cm²)의 인장시험 결과.

4. 결론

본 연구에서는 니트 방축 가공용 Felt에 대한 신뢰성 평가 기술을 개발하기 위하여 실제 장치와 동일한 구조를 가지면서 실사용보다 가혹한 조건을 부여할 수 있는 신뢰성 평가장치를 설계하고 제작하였다. 또한, 실사용조건보다 가혹한 조건에서 시험하여 고장을 촉진시키고 이들의 성능 및 품질을 평가하여 수명과 성능의 상관성을 확립하였으며, 그 결과 실제 사용 1년을 가속시험 조건을 적용한 30일 시험으로 충분히 단축할 수 있음을 확인하였다. 향후 본 연구의 결과는 개발품의 내구 수명년한 평가에 직접 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 2006년 지역산업진흥사업 기초기술개발사업의 지원(과제번호:70000300)으로 행해진 연구의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.