

### 3장. 역학시험

#### 18. 마모강도(마틴데일법)

##### 1. 개요

##### (1) 시험의 필요성 및 목적

의류로 사용되는 섬유에는 인체의 반복적인 운동과 동작에 의해 마찰 및 마모 현상이 나타나게 된다. 이런 이유로 원단 표면 위에 마모성 결점이 생기게 되고, 혹은 변색현상이 나타나는 물성의 변화가 일어나게 된다. 이와 같은 마모는 주로 표면 마찰과 굴곡, 인장, 압축 등 복잡한 작용에 의하여 구성 섬유나 실이 닳아 없어지는 현상으로서 제조되는 원단은 제품 목적과 용도에 따라 강한 표면 내구성을 가져야 하며, 이와 관련된 시험 평가 및 지속적인 품질관리가 필요하다.

##### (2) 시험원리

규정된 하중에서 시험편 홀더에 설치한 원형 시험편은 Lissajous figure의 궤적에 따라 병진운동을 하여 마모자(표준포) 표면 위에서 마모작용을 받는다. 시험방법에 의해 정해진 시험편 또는 마모자가 시험편 홀더에 장착되며, 홀더는 자신의 시험편의 평면에 수직으로 자유롭게 회전한다.

##### (3) 적용범위

마틴데일 마모시험기를 이용하는 것으로서 직물과 편성물, 파일 높이 2 mm 이하의 파일 직물, 부직포 등이 본 시험에 사용될 수 있다.

## 2. 인용표준

ASTM D 123 섬유관련 용어

ASTM D 1776 섬유 시험에서의 컨디셔닝 시행

ASTM D 3884 원단의 마모강도 시험 (로타리 플랫폼 더블헤드법)

ASTM D 3885 원단의 마모강도 시험 (굴곡 마모법)

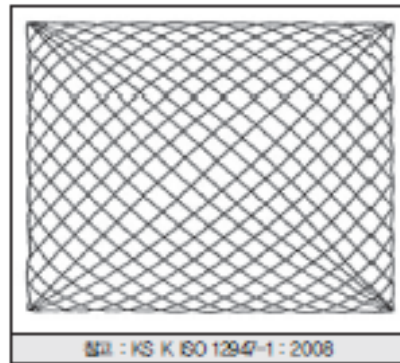
ASTM D 3886 원단의 마모강도 시험 (팽창막법)

ASTM D 4157 원단의 마모강도 시험 (Oscillatory Cylinder Method)

ASTM D 4158 원단의 마모강도 시험 (유니폼 마모법)

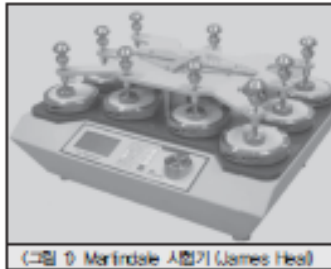
## 3. 용어

- ① 마모(Abrasion) : 다른 표면과의 마찰에 의해 닳아지는 현상
- ② 마모 횟수(Abrasion cycle) : 마틴데일 시험기에서 기하학적 모양이 완성되기에 요구되는 횟수
- ③ 횟수(Cycle) : 마틴데일 시험기에서 1 회의 Lissajous figure가 생성되기에 요구되는 16 movements
- ④ Lissajous figure : 일직선으로 시작하여 폭이 넓어지고 다시 좁아지는 타원의 모양으로 진행되다가 일직선이 되어 나타나는 기하학적인 모양으로 한 개의 Lissajous figure에는 16 movements가 있다.
- ⑤ Movements : 마틴데일 시험기의 두개의 외곽 연동운동을 1회전으로 하는 것
- ⑥ 원단 시험을 위한 컨디셔닝 조건 :  $(70 \pm 2) ^\circ\text{F}$  [ $(21 \pm 1) ^\circ\text{C}$ ] 및  $(65 \pm 2) \% \text{RH}$  하에서 시료를 방치하고 시험을 진행한다.



#### 4. 장치, 기구 및 시약

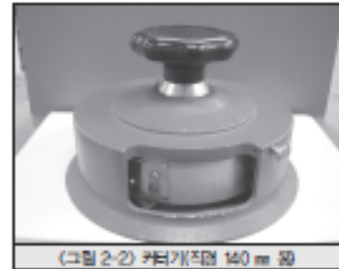
- ① 마틴테일 마모 시험기 : 규정된 하중에서 시험편 홀더에 설치된 원형 시험편을 리사주 도형의 자취에 따라 병진운동을 하는 마모자(표준포)에 대하여 마모시킨다. 시험기는 마모 테이블과 구동장치가 고정되어 있는 밀판으로 구성되며, 구동장치는 2개의 외측 구동장치와 내측 구동장치로 구성되어 시험편 홀더 유도판에 의해 리사주 도형의 궤적이 형성된다.
- ② 모직 마모자 : <표 1>에서 언급하고 있는 소모 직물의 평직 원단
- ③ 펠트 : 중량  $(22 \pm 1.5)$  oz/yd<sup>2</sup> [ $(750 \pm 50)$  g/m<sup>2</sup>]이고, 두께가  $(0.12 \pm 0.01)$  in [ $(3 \pm 0.3)$  mm]인 모직으로 된 부직포 원단
- ④ 폴리우레탄 폼 :  $(0.12 \pm 0.04)$  in [ $(3 \pm 0.01)$  mm] 두께로, 1.94 lbf/ft<sup>3</sup> [(29~31) kg/m<sup>3</sup>]의 밀도를 가지고 있으며, 경도 38.23 lbf~47.22 lbf를 가지고 있는 것
- ⑤ 원단 프레기 커터기 혹은 펀치 : 직경 38 mm, 140 mm인 것



(그림 1) Marindale 시험기 (James Heal)



(그림 2-1) 커터(직경 38 mm 용)



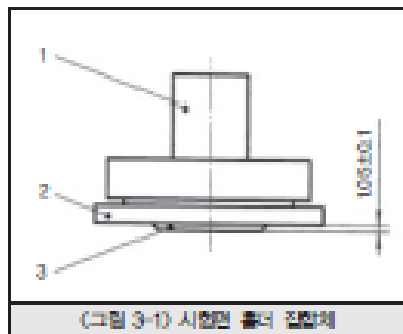
(그림 2-2) 커터(직경 140 mm 용)

## ⑥ AATCC 변퇴색용 표준 회색색표 판정용

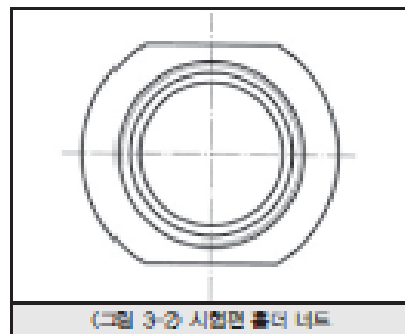
(표 1) 모직 마모자의 요구 특성

| 구분               | Warp                                           | Weft               |
|------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| 실의 변수            | R63, Tex/2                                     | R74, Tex/2         |
| Cm/in당 울수(길이 방향) | (43/in), 17/cm                                 | (30/in), 12/cm     |
| 탄사 꼬임            | [(500±20) tpm] "Z"                             | [(500±20) tpm] "Z" |
| 합연사 꼬임           | [(450±20) tpm] "S"                             | [(350±20) tpm] "S" |
| 섬유 직경            | (27.5±20) micrometer                           | (29±20) micrometer |
| 단위 면적당 무게        | 5.8 oz/yd <sup>2</sup> (195 g/m <sup>2</sup> ) |                    |

## ⑦ 시험편 홀더

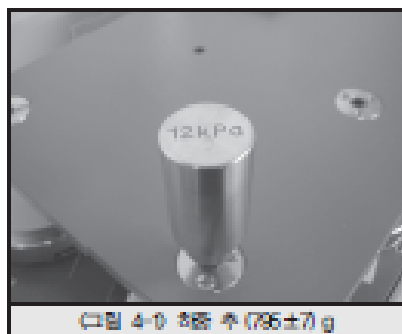


(그림 3-1) 시험편 홀더 집합체

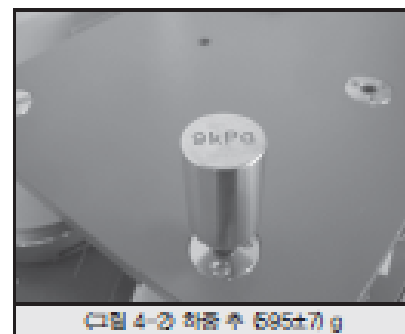


(그림 3-2) 시험편 홀더 네트

## ⑧ 하중 추



(그림 4-1) 하중 추 (795±7) g



(그림 4-2) 하중 추 (585±7) g

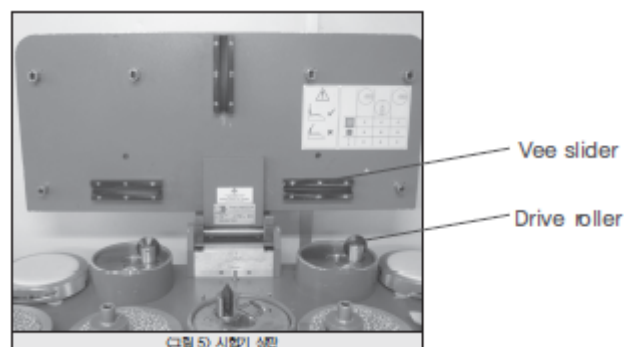
## 5. 안전 수칙

### (1) 시험편 준비시

- ① 프레스 커터기 사용시 바닥 면에 커터 전용 스폰지 혹은 고무판을 밑에 두고 시험편을 절단한다.
- ② 프레스 커터기에 나사 조립되어 있는 시험용 전용 면도날의 상태를 확인하고, 날이 바로 장착되어 있는지 확인하고, 이상이 있는 경우에는 교환하여 부착시킨다.

### (2) 시험 기기 작동시

- ① 상판을 올리고 시험편 홀더를 장착시킬 때 홀더 스프링들이 홀더와 하중 추에 정확하게 장착이 될 수 있도록 한다.
- ② 작동 전 drive roller에 윤활제를 묻혀 원활한 회전운동이 이루어지도록 한다.
- ③ Vee slide와 drive roller 사이에 오염물질이 끼여 있지 않도록 한다.



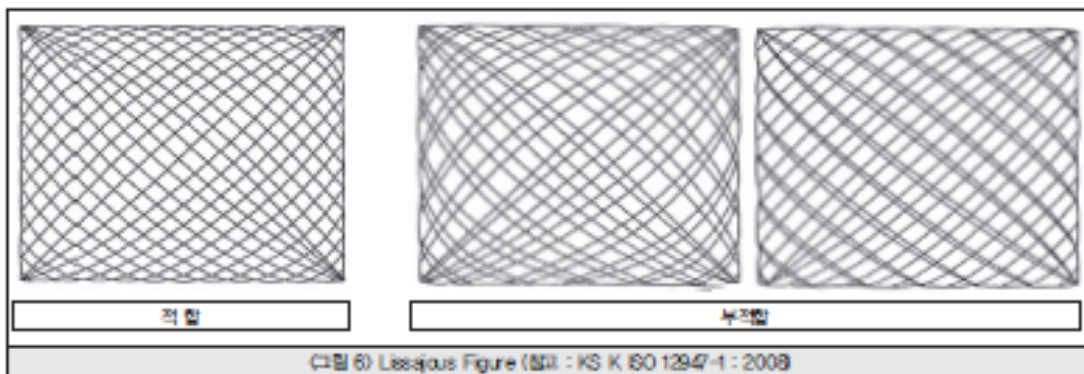
## 6. 시험편 준비

### (1) 시험편 준비

준비된 시험편을 38 mm 직경이 되도록 3매를 채취한다. ASTM D 1776의 절차에 따라 준비된 시험편을 컨디셔닝을 하고, 적어도 2시간 동안의 중량변화가 0.1 %를 벗어나지 않도록 한다(항량 상태). 준비된 시험편을  $(70 \pm 2) ^\circ\text{F}$  [ $(21 \pm 1) ^\circ\text{C}$ ],  $(65 \pm 2) \% \text{RH}$  하에서 시험전 적어도 4시간 동안 컨디셔닝을 한다.

## (2) 시험기기 교정

- ① 홀더를 제거하고, marking pen을 끼운 후, abrading table에 종이를 끼워 clamp ring으로 고정시킨다.
- ② 3개의 drive roller 장치를 C의 위치에 세팅한다
- ③ 마모 시험기를 작동시켜 Issajous figure를 그려서 60.5 mm stroke가 되는지를 확인한다.
- ④ 회전속도가 47.5 rpm이 되는지 확인한다.

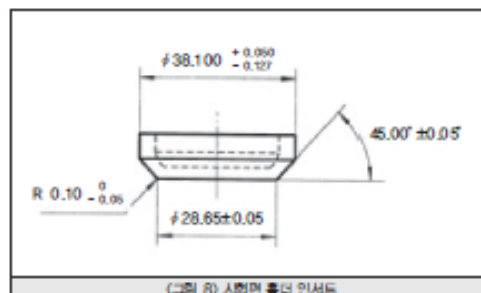
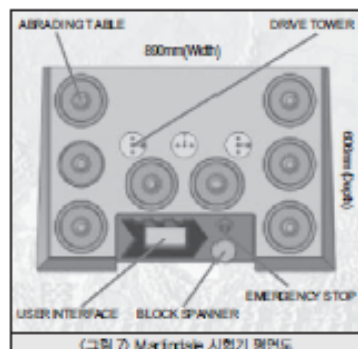


※부적합시 Eccentric drive tower의 Driver roller parking 지점이 바로 되어 있는지 확인한다.

## 7. 절차

- ① 시험기기 각각의 abrading table에 직경 140 mm 펠트를 놓고 마모자를 놓는다.

- ② Abrading table 면을 평탄하게 하기 위해 mandrel (mounting weight)을 올려 둔다.
- ③ Abrading table에 sample retaining ring으로 마모자를 고정시킨 후, mandrel 을 제거한다.
- ④ 시험편 홀더 너트에 마모 면이 아래를 향하도록 주의해서 시험편을 놓는다. 단위 면적당 무게가  $500 \text{ g/m}^2$  이하인 시험편은 폴리우레탄 폼을 시험편 위에 놓는다.
- ⑤ 시험편 홀더 인서트를 시험편 홀더 너트 안에 넣는다. 시험편 홀더 바디를 너트 위에 덮고 아래쪽을 단단하게 조인다.



- ⑥ 시험편 홀더 집합체를 abrading table 면 위에 놓는다.
- ⑦ 3개의 drive roller 장치를 C의 위치에 세팅한다 (마모강도 세팅).
- ⑧ 상판을 내린 후, 시험편 스펀들과 시험편 홀더 그리고 하중 추가 바로 장착되도록 한다.
- ⑨ 시험편 홀더 집합체와 하중 추가 정확히 장착되면, 카운터를 시작하여 동작이 진행되도록 한다.

## 8. 결과 및 계산

### (1) 평가

- ① Option 1 : 식물 원단인 경우에는 2올의 실이 끊어질 때까지의 횟수를 측정하고, 편성물 원단인 경우에는 구멍이 생길 때의 횟수를 측정한다.
- ② Option 2 : end point가 시험편의 외관 변화로 결정한다(변퇴색). AATCC 변퇴색용 표준 회색색표 급수 3급이 될 때의 횟수를 측정한다.
- ③ Option 3 : 시험전 후, 중량 변화율을 측정한다. 결과는 백분율로 산출한다.

### (2) 계산

3개의 시험편 결과 값의 평균을 기록한다.

## 9. 시험 보고서

### (1) 시험기기에 관한 기록사항

사용된 하중 추에 관한 내용을 기록한다.

### (2) 시험결과에 관한 기록사항

- ① Option 1 : 식물인 경우는 2올이 파단되는 경우의 횟수와 편성물인 경우에는 구멍이 생길 때의 횟수의 평균값을 기록한다.
- ② Option 2 : 외관 변화의 기준이 되는 것을 기록한다 (예 : 광택, 변퇴색, 프린트 변화 등).
- ③ AATCC grey scale의 변퇴 급수 3급 혹은 3급 미만이 되는 횟수를 확인하여 시료별 평균값을 기록한다.

- ④ Option 3 : 마모시험 전 후의 중량 감소율을 측정한다. 시험 전 후의 중량을 mg 단위로 측정하여 다음 식에 의해 결과 값을 산출한다.

$$\text{중량 감소율(\%)} = (A-B)/A \times 100$$

단, A : 마모 전 시험편 중량 B : 마모 후 시험편 중량

## 10. 주의사항

- ① 시험전 마틴데일 시험기의 3개의 drive roller 장치가 C의 위치에 세팅되어 있는지 확인한다.
- ② 주기적으로 lissajous figure의 궤적이 정확히 그려지는지 확인한다.
- ③ 회전속도가 47.5 rpm이 되는지 확인한다.
- ④ 시험편과 마모자 커팅시, 사용하는 프레스 커팅기의 칼날이 바로 장착이 되어 있는지 확인한다.
- ⑤ Option 1의 결과 판정시 직물인 경우 확대경 혹은 현미경을 사용하여 확인한다.
- ⑥ 시험편에 부착되어 있는 고무 프린트 혹은 고무 제품의 마모 정도를 확인할 경우에는 모양 형태의 손상이 발생하는 시점을 end point로 판정한다.