

Mackenzie 강도시험기에 대하여

1. 서 언

최근에는 특히 수출의 증대를 위한 품질의 향상, 제품의 고급화 등에 따른 공장의 품질관리가 어느 때 보다도 더 중요시되고 있는 바 알맞은 특성을 지닌 원료를 적절히 선정 혼합함으로써 원가의 절감 및 생산성의 향상을 도매하고 있음에 비추어 당 검사소에서는 일본 중출전기산업주식회사가 개발한 자동정지형 Mackenzie시험기를 도입하여 한국(K.S) 영국(B.S), 미국(A.S.T.M) 및 일본(J.I.S) 공업규격에 적합한 각종 섬유원료의 품질시험에 임하게 되었다.

단섬유강신도시험은 섬유의 여러 특성시험중에서 가장 중요한 것 중의 하나로서 섬유의 강도는 사강도 및 직물의 강도에 직접 영향을 미칠 뿐만 아니라 촉감, 주름 등과 같은 직물의 특성에도 관계된다.

그러므로 섬유의 강신도에 관한 연구와 측정기에 관한 연구가 수십년간 진행되어 왔다.

섬유의 강신도측정기를 대별하면, 단섬유강도시험기(single fiber strength tester)와 섬유속강도시험기(fiber flat bundle strength tester)로 나눌 수 있으며

i. 단섬유강력측정용에는 Mackenzie, Instron, Deforden, Cliff 및 O'Neill 시험기 등이 있고,

ii. 섬유속강력측정용에는 Pressley, Stelometer 및 clemson시험기 등이 있다.

이들 시험기 중에서 본 소고에서는 Mackenzie형 단섬유인장시험기에 대하여 기술하였다.

2. 개요 및 명칭

2.1 개 요

이는 천칭원리를 응용한 정속가중형(C.R.L : Constant Rate of Load type) 단섬 유인장시험기로서 용량 20g 시험기에서는 하중속도 20g/min., 용량 50g 시험기에서는 하중속도 50g/min.으로 되어있다.

과거에 사용하던 보통형시험기는 수동식으로 천칭의 중심을 잡아 나사머리의 회전에 의하여 추를 횡방향으로 이동하면서 clamp의 시료에 하중을 부하함으로써 하중속도의 균일과 시험중에 파단검출용 소천칭의 역할로 자동정지회로가 작동하여 시험기 작동을 자동정지 시킴으로써 정도를 높이고, 측정이 능률적이며 더욱이 습윤장치가 조립되어 있어 건강신도 뿐만 아니라 각종 섬유의 습강신도까지도 측정할 수 있게 실용화되어 있다.

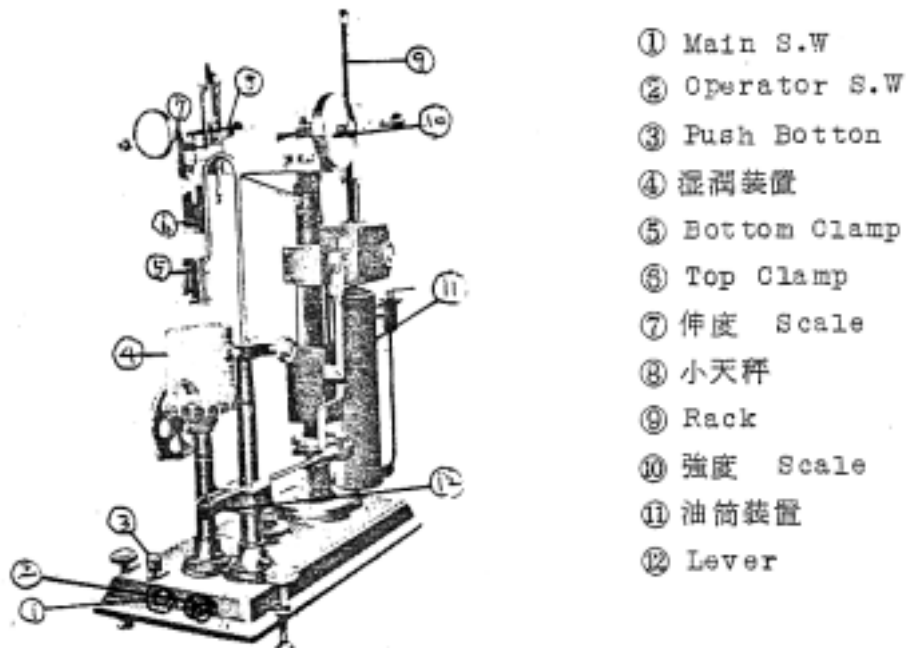
시료는 나이프단(Knife edge)에 지지되어있는 arm의 일단 clamp와 고정 clamp간에 파지하여서, 유통식에 의한 하중 scale와 연동하는 pinion gear를 회전시켜서 arm상의 이동중추를 일정속도로 이동시킨다. 그 이동에 의해 arm은 경과를 이루어 시료에 하중이 걸린다. 하중 scale판은 이동중추의 이동량에 따라 회전하면서 하중을 표시하고, 신도는 arm의 일단 clamp의 변화로 신도 scale에서 얻어진다.

○ 자동정지형과 보통형의 비교

型式 区分	自動停止型		普通型		비 고
容 量 (g)	0~20	0~50	0~100	0~200	
容量感度 (g)	0.1	0.2	0.5	1.0	
伸 度 (mm)	0~30	0~30	0~30	0~30	
伸度感度 (mm)	0.5	0.5	0.5	0.5	
試 長 (mm)	0~50	0~50	0~50	0~50	10mm이하可変
電 源	A.C 100 V	A.C 100 V	-	-	50C/B~60C/B
기 타	油筒式, 濕潤裝置		-	-	

2.2 명칭

그림1은 Mackenzie형 단섬유인장시험기의 본체이며 각부의 명칭은 다음과 같다.



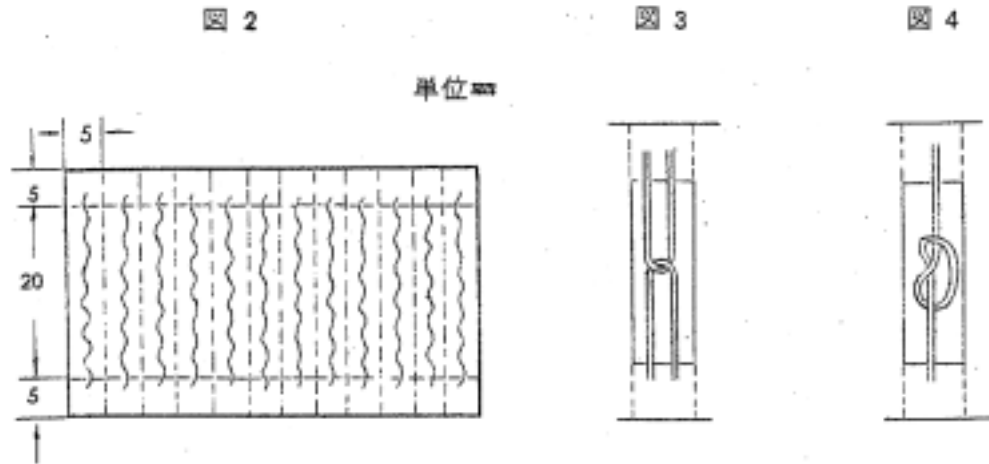
<그림 1> Mackenzie 본체

3. 조작 및 측정

3.1 시험편작성

적당한 지편에 그림 I 과 같이 구분선(공간거리에 20mm, 다만 섬유가 짧음으로서 공간거리를 20mm로 할 수 없는 경우에는 10mm)을 만들고, 섬유를 1올씩 구분내에 느슨히 편 상태에서 양끝을 *접착제로 고정시킨 다음, 각구분선을 오려낸 것을 시험편으로 한다.

*접착제는 섬유종류에 의하여 선택하고, 섬유를 상해하지 않는 것을 사용한다.



3.2 조작

그림5에서 보는 바와 같이 천칭을 평형용중추(2)로 평형시키고, 시료(1)을 상하의 Clamp에 파지시킨 후 시동 lever(3)을 누른다. Piston(4)는 cylinder(5)속을 일정속도로 하강을 시작하고 이것에 연결된 Rack(6)이 하강하여 이동추(7)이 그림의 오른쪽으로 이동된다.

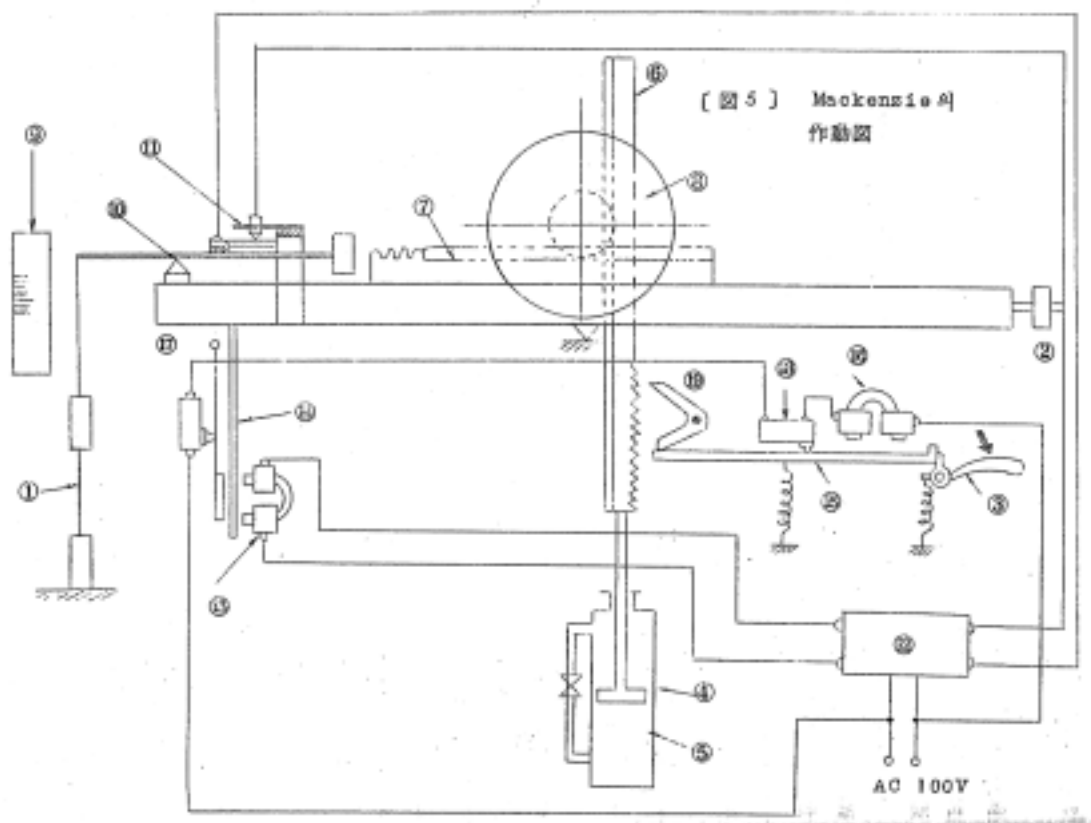
이에 따라 섬유에는 일정속도로서 하중이 가해져 조작된 섬유의 파단강도 및 신도는 각각 (8) 및 (9)의 scale판의 회전 및 이동량으로부터 얻어진다.

이 방법은 종래의 Mackenzie시험기의 동작기구와 동일하지만 본기에는 섬유가 파단될 때에 강도 scale 뿐만 아니라 신도 scale까지도 자동정지시키기 위하여 천칭상에 또 한 개의 파단검출용 소천칭(10)을 설치하고 그 일단이 상부 clamp와 연결되어 있다는 점이 특징이다.

접점(11)의 회로는 자동정지코넥트를 통과하여 접점(11)이 열림과 동시에 마그네틱트(13)이 천칭에 부착되어 있는 얇은 금속판(14)를 당겨서 천칭의 동작을 정지시킨다. 시동 lever(3)을 누르면 lever(15)에 의하여 pawl(16)을 끌어들여 lever의 끝에 시동 lever(3)의 돌기부가 연결됨으로 손을 떼어도 마그네틱트(16)이 동작하여 다시 돌아오지 아니한다.

(17), (18)은 limit switch 로서 (17)의 limit switch는 마그네틱(13)에 동작하고 마그네틱(16)의 회로를 닫고, Relay switch가 있는 (18)은 시동 lever(3) 및 lever(15)가 다시 돌아옴과 동시에 마그네틱 switch(16)의 회로를 연다.

그러므로 시동 lever(3)을 누른다면 측정동작이 시작되며 섬유가 파단할 때 Relay의 마그네틱(13)이 금속판(14)를 좁혀서 천칭의 동작을 정지시키고, 마그네틱(16)도 작동하여 lever(15)를 끌어 당겨 시동 lever(3)은 spring에 의해 다시 제자리로 돌아오고, piston(4)의 하강도 정지한 다음 limit switch(18)이 마그네틱(16)의 회로를 열어 일련의 동작이 종료된다.



3.3 측정

3.3.1 건조시

(1) 그림 II의 시험편을 단섬유인장시험기의 clamp에 물리고 상부 clamp 가
사이에서 지편을 절단하고 일정초하중을 걸어 섬유의 느슨함 및 크리프를
제외하고 시험기를 작동하여 절단시의 강도(g) 및 신도(mm)를 측정한다.

(2) 별도로 규정되어있지 않는 한 강도는 절단시의 강도의 평균치를 구한
다음, 그 평균치를 정량섬도 1denier에 대한 g수로 소수점이하 두 자리까지
표시하고, 신도는 절단할 때 신장섬유의 파지거리에 대한 비(%) 로 소수점
이하 한 자리까지 표시한다.

3.3.2 습윤시

그림 I의 시험편을 별도로 마련한 용기에 넣고, 증류수(20±2°C) 속에 *규
정시간 침지하여 충분히 습윤시킨 다음, clamp에 부설된 물통속에서 3.3.1과
같은 방법으로 인장강도 및 신도를 구한다.

*침지시간은 견, 모, rayon, acetata섬유는 1분 이상, 면, 마 합성섬유는 3분이상

3.3.3 시험결과의 계산

$$(1) \text{인장강도}(g/D) = \frac{SD}{D}$$

○ SD ; 건조시의 인장강도(g)

○ D ; 정량섬도

$$(2) \text{신도}(\%) = \frac{E_2 - E_1}{20 + E_1} \times 100$$

○ E₁ ; 초하중에 의한 늘어난 길이(mm)

○ E₂ ; 절단시의 신장(mm)

$$(3) \text{강력 변동율}(\%) = \frac{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 / N}}{\bar{x}} \times 100$$

○ $\bar{x}$; 평균치

○ x ; 각 측정치

○ N ; 시험회수

$$(4) \text{ 건습강력비}(\%) = \frac{S_w}{S_D} \times 100$$

○ S_w ; 습윤시 인장강도(g)

○ S_D ; 건조시 인장강도(g)

$$(5) \text{ 매듭강력비}(\%) = \frac{S_{KD}}{S_D} \times 100$$

○ S_{KD} ; 건조시 매듭강도(g)

$$(6) \text{ 루프강력비}(\%) = \frac{S_{LD}}{S_D} \times 100$$

○ S_{LD} ; 건조시 루프 강도(g)

4. 시험방법

KS K 0323 섬유의 인장시험방법(외올법)

JIS L 1069 섬유의 인장시험방법

5. 단섬유인장강도의 중요성

방적사는 많은 섬유를 집합하여 꼬임을 가한 것으로서 사의 성능을 지배하는 인자는 다음과 같다.

(1) 섬유의 성상에 관한 인자

1. 섬유장

2. 굵기

3. 인장강도

4. 신도

5. 마찰계수

6. 결절강력비

7. 섬유의 형태

(2) 사의 구조에 관한 인자

1. 꼬임수

2. 배열도

3. 사의 직경

소론에 방적사 성능의 인자인 단섬유강도를 소개하였으며, 이러한 인자들과 사성능과의 관계를 수식으로 조합하여 사의 강도를 추정하는 이론식에 의하여 단섬유강도의 중요성에 대한 문헌적인 고찰을 기술코자 한다.

사의 강도는 섬유자체의 인장강도가 제1인자로 관계되고 다음은 마찰이 큰 역할을 한다. 또한 방적사가 절단할 때는 일부 섬유는 절단하고, 일부는 절단하지 않고 활탈한다. 이 때 절단된 섬유는 주로 인장강도에 관계되고, 활탈한 섬유는 마찰에 의하여 섬유강도에 기여한다. 이것을 이론적인 식으로

○ 사의 인장강도 = (단섬유이용강도) × (절단섬유수) + 활탈기여

또한 아치직부씨의 이론에 의하면 사의 강도를 추정하는 이론식(S)는

$$S = \frac{nK}{\cos \theta} \times \left(1 - \frac{l}{L}\right) \times \left(\frac{a}{a + \alpha \sin^2 \theta}\right) + \frac{\mu n p l^2}{4L}$$

로 표시된다고 발표했으며, 이 추정식에서 나타난 바와 같이 단섬유강도 (K)가 최종제품인 방적사에 미치는 영향이 크다는 것을 직감할 수 있다.

합성섬유는 천연섬유와는 달리 합성고분자물은 일차원적인 쇄상고분자물로 되어 있고 주로 중축합반응, 중부가반응 및 고중합반응으로 합성되며, 개개의 사상분자는 결정영역과 비결정영역으로 형성되어, 결정영역에는 기체나 액체의 침투가 일어나기 어렵고 또 분자의 변위에도 저항하기 때문에 섬유

의 흡수성, 팽윤성, 염색성, 열연화성, 유연성, 탄성 등을 지배하는 것은 주로 비결정영역에 따른다. 따라서 섬유를 구성하고 있는 결정질과 비결정질과의 비율여하에 따라 화학섬유의 성질이 좌우되며, 인장강도에도 변화가 있을 것으로 사료됨으로, 단섬유의 인장강도의 중요성이 재인식되어진다.

6. 섬유의 강신도표

<섬유의 강신도표>

纈 維	引張強度 (g/D)		乾 濕 強力比 (%)	loop 強度 (g/D)	knot 強度 (g/D)	伸 度 (%)	
	標準時	濕潤時				標準時	濕潤時
綿 (upland)	3.0-4.9	3.3-4.4	102-110	-	-	3-7	-
羊毛 (merino)	1.0-1.7	0.7-1.63	76-96	-	-	25-35	25-50
絹	3.0-4.0	2.1-2.8	70	-	2.9	15-25	27-33
苧麻	5.6-6.3	5.8-6.6	108	8-9	4.5-4.8	1.5-2.3	2.0-2.3
Ramie	6.5	7.7	118	9.3	5	1.8-2.3	2.2-2.4
Rayon. staple							
普通	2.5-3.1	1.4-2.0	60-65	1.2-1.8	1.2-1.7	16-22	21-29
強力	3.6-4.2	2.7-3.3	70-75	1.8-2.6	2.0-2.5	19-24	21-29
Rayon. Filament							
普通	1.7-2.3	0.8-1.2	45-55	3.0-4.1	1.4-2.0	18-24	24-35
強力	3.4-5.2	2.5-4.1	70-80	5.0-5.8	1.9-2.6	7-15	20-30
Rayon. polynosic							
Staple	3.5-5.2	2.6-4.2	70-80	1.0-2.2	1.0-2.5	7-14	8-15
Filament	2.2-2.9	1.3-1.9	55-70	2.7-4.0	1.0-2.0	8-12	9-15
Cupra							
Staple	2.9-3.4	2.0-2.5	70-75	2.8-3.0	2.4-2.6	14-16	25-28
Filament	1.8-2.7	1.1-1.9	55-70	2.7-3.9	1.5-2.4	10-17	15-27
Acetate							
Staple	1.3-1.6	0.8-1.0	61-67	1.0-1.4	1.0-1.3	25-35	35-50

纜 綫	引張強度 (g/D)		乾 濕 強力比 (%)	loop 強 度 (g/D)	knot 強 度 (g/D)	伸 度 (%)	
	標準時	濕潤時				標準時	濕潤時
Triacetate	1.2-1.4	0.8-1.0	67-72	2.0-2.4	1.0-1.2	25-35	30-40
Vinyon Staple							
普通	4.0-6.5	3.2-5.2	72-85	3.2-5.2	2.4-4.0	12-26	12-26
強力	6.8-10.0	5.3-8.5	78-85	5.0-5.8	4.5-5.2	9-17	9-17
Vinyon Filament							
普通	3.0-4.0	2.1-3.2	70-80	4.5-6.0	2.2-3.0	17-22	17-25
強力	6.0-9.5	5.0-8.5	75-90	7.0-13.0	2.7-5.0	8-22	8-26
Nylon Staple	4.5-7.5	3.7-6.4	83-90	7.0-11.0	3.7-5.5	25-60	27-63
Nylon Filament							
普通	4.8-6.4	4.2-5.9	84-92	8.5-11.5	4.3-6.0	28-45	36-52
強力	6.4-9.5	5.9-8.0	84-93	10.7-14.3	5.4-6.5	16-25	20-30
Nylon 66 Filament	5.3-6.4	4.7-5.9	89-93	9.0-11.5	4.8-6.0	28-36	33-43
Vinylidene							
Staple	0.9-1.5	0.9-1.5	100	1.0-1.8	0.6-1.3	20-40	20-40
Filament	1.5-2.6	1.5-2.0	100	1.0-2.5	1.0-2.0	18-33	18-33
Polyvinyl Chloride							
Staple	2.0-2.8	2.0-2.8	100	3.0-4.0	1.8-2.5	70-90	70-90
Filament	2.7-3.7	2.7-3.7	100	3.8-5.0	1.8-2.7	20-25	20-25
Polyester Staple	4.7-6.5	4.7-6.5	100	6.8-10.0	4.0-5.0	20-50	20-50
Polyester Filament							
普通	4.3-6.0	4.3-6.0	100	7.0-10.0	3.8-4.4	20-32	20-32

織 維	引張強度 (g/D)		乾 濕 強力比 (%)	loop 強 度 (g/D)	knot 強 度 (g/D)	伸 度 (%)	
	標準時	濕潤時				標準時	濕潤時
強力	6.3-9.0	6.3-9.0	100	9.0-11.0	4.3-4.8	7-17	7-17
Acrylic							
Staple	2.5-5.0	2.0-4.5	80-100	2.4-6.0	2.0-4.0	25-50	25-60
Filament	3.5-5.0	3.5-5.0	100	3.0-8.0	2.0-4.0	12-20	12-20
Acrylic 系							
Staple	2.2-4.0	2.0-4.0	90-100	2.0-4.5	1.7-4.0	25-45	25-45
Polyethylene (低圧法)							
Filament	5.0-9.0	5.0-9.0	100	6.2-13.0	3.5-5.7	8-35	8-35
Polypropylene							
Staple	4.5-7.5	4.5-7.5	100	8.0-14.0	4.0-6.5	30-60	30-60
Polypropylene Filament							
普通	4.5-7.5	4.5-7.5	100	8.0-12.0	4.0-5.5	25-60	25-60
強力	7.5-9.0	7.5-9.0	100	11.0-14.0	4.5-6.0	15-25	15-25
Polyurethane Filament (Spantex)	0.5-1.0	0.4-1.0	80-100	-	-	450-800	-
弗素系 Filament	1.0-2.5	1.0-2.5	100	2.0-4.0	1.0-3.0	25-50	25-60
金屬纖維	2.5-3.2	-	-	1.4-1.7	-	-	-

7. 결 어

이상 본 시험기의 개요, 시험방법, 사의 강도추정식, 등에 대하여 소개하였다. 앞으로 각 생산공장에서 각종섬유의 품질시험 및 성질시험을 실시하여 각 생산공장의 기술적 조절, 연구, 개선의 지침이 되어 우리나라 섬유공업 발전에 다소라도 보탬이 되면 더 없는 다행으로 생각하는 바이다.