

최신 원면 및 사 시험기(1)

- HVI (High Volume Instrument)(1) -

제 1 장 원면의 품선, 특성 및 표준

원면의 물성이 생산 효율 및 최종 제품의 품질에 미치는 영향은 매우 크다. 20세기 이전에는 면섬유의 품선이 품선사의 눈과 손에 의한 주관적인 평가에 기초하여 이루어져, 1808년에 이미 영국에서는 “good”, “middling” 및 “stained”와 같은 용어가 면섬유의 품선에 사용되었다. 그밖에도 “Liverpool” 표준이나 “New York” 표준과 같은 면산지의 거래소 이름으로도 언급되었다. 이렇게 다양한 표준 및 평가로 인해 원면의 교역이 무질서하고 혼란스러움에 따라 1907년 미국, 영국, 일본, 인도, 폴란드, 독일 및 기타 국가의 면 생산업자와 방적업자가 참여한 International Cotton Congress에서 새롭게 단일화한 표준을 채택하여 결의안을 통과시켰다. 그 후 여러해 동안의 많은 개정을 거쳐 이들 국가들이 참여한 “Official Cotton Standards of American Upland Cotton”을 만드는 협약이 이루어졌다. “American Upland Cotton”은 반드시 미국 내에서 경작된 원면만을 언급하는 것이 아니라 미국에서 유래된 면의 일반적인 통칭이다. 관련 기준을 근거로 품선사에 의해 결정된 표준 등급과 섬유장은 오늘날 자유무역국가 대부분의 원면 가격 평가에 사용된다.

1920년대 말에 이르러서야 배열법에 의해 섬유장을 측정하는 Comb Sorter 장치가 최초로 개발되어 섬유장을 객관적으로 분석하게 되었다. 그 후 1940년대에는 몇 가지 혁신적인 계측기 즉, 섬도 추정을 위한 마이크로네어 시험기, Spinlab Hunter-Nickerson Cotton Colorimeter, Pressley, Spinlab Stelometer 및 Spinlab Fibrograph 등이 개발되었다.

그 이후에도 여러 해 동안에 걸쳐 이들 기기에 대한 개선 노력이 이루어졌고, 1973년에 드디어 이들 기기가 HVI(High Volume Instrument) 시스템이라는 하나의 시험기로 통합되었으며, 1991년부터 USDA loan program을 통해 거래되는 모든 베일(연간 1,500만 베일 이상)은 HVI 장치로 시험, 품선되고 있다.

1.1 전통적인 원면의 품선

1.1.1 원면 품선

원면 품선은 원면의 품질을 등급 및 스테이플 섬유장으로 표현하는 것을 의미한다.

- 등급(Grade)

원면의 외관에 근거를 두고, 색, 리프(트래시), 프레퍼레이션과 같은 3가지 등급인자에 대해 주로 시각적으로 평가한다.

- 스테이플 섬유장(Staple Length)

시각과 촉감 둘 다 포함되며, 표본으로부터 섬유를 채취하여 공인된 스테이플과 비교한다. 품선사에 의한 스테이플 섬유장은 원면의 품질과 가치에 관계없이 눈과 손에 의해 측정된 길이이다. 품선사는 선정된 표본으로부터 일부분의 섬유를 위해 상대 습도 65%, 온도 21°C 조건에서 스테이플 섬유장을 시험한다.

품선 결과는 방적효율과 관련되기 때문에 베일의 상품 가치를 결정한다. 따라서 원면 경작자는 생산, 수확, 조면 등을 평가하고, 원면을 좋은 가격에 판매하기 위해 품선에 관심을 갖게 되었고, 기기를 이용하여 품선을 하기 전에는 품선사들이 면의 등급과 섬유장을 결정하였는데, 이 경우 사람에 따라 품선결과가 달라질 수 있음은 주지의 사실이다.

1.1.2 색상, 리프 및 프레퍼레이션(원면 등급의 구성요소)

- 색상(Color)

면섬유는 개화시 통상 백색이나, 외부에 노출되고 미생물의 작용에 받음에 따라 백색이 어두워지고 광택을 잃게 된다. 극단적인 외기 조건하에서 색은 매우 어두워질 수도 있다. 노란색은 서리나 가뭄에 의한 것이며, 그 진하기도 다양하다. 면의 얼룩(spotted cotton)은 곤충 및 균류나 오염물에 기인한 것일 수 있다. 또한 면은 수확에 사용하는 기계의 오일이나 그리스 또는 기계에 의해 분쇄된 잎과 잡물에 의해서도 변색될 수 있다.

- 리프(Leaf)

리프는 통상 큰 잎과 후추 크기의 잡물로 정의된다. 원면에 존재하는 기타 트레이시(trash)로는 줄기, 외피, 껍질, 씨앗이나 씨앗의 일부, 모트(미성숙 씨앗), 풀, 모래 및 먼지 등이다. 기프나 기타 트레이시에 의한 오염은 경작지에서의 노출 및 수확 방법에 기인한 것이다. 조면 후 면 린트(Lint cotton)에 있는 이물질은 주로 실면(seed cotton)의 잡물량, 수확시의 면의 상태, 조면에서의 정섬 정도 및 조면에서 사용된 건조 장치에 따라 좌우된다.

- 프레퍼레이션(Preparation)

프레퍼레이션은 조면 처리 정도 및 조면한 면 린트의 상대적인 넵 정도를 나타낸다. 일반적으로 부드럽게 조면된 원면은 거칠게 조면된 원면에 비해 웨이스트가 적고 비교적 표면이 평활하고 균일한 실을 만들 수 있다.

린트에 있는 넵은 제거되지 않을 경우 실 및 직물에서 결점으로 나타날 수 있기 때문에 바람직하지 않다. 섬유장이 길거나 섬도가 가는 원면은 넵이

발생되기 쉬운 경향이 있다.

1.2 원면의 특성

방적공장에서 중시하는 원면 특성으로서는 다음과 같은 것들이 있다.

- 섬유장
- 섬유장 균제도
- 단섬유 함유율
- 섬유장 분포
- 섬도나 마이크로네어
- 강력
- 색상
- 잡물
- 넵
- 성숙도
- 염색성

이들 원면 특성은 사용하는 방적 시스템에 따라 그 중요성이 달라진다. 최근 주로 사용되고 있는 4종류의 방적시스템별로 중시되고 있는 특성을 분류하면 다음과 같다.

링 방적	OE 로터 방적
1. 섬유장 및 섬유장 균제도 2. 강력 3. 섬도	1. 강력 2. 섬도 3. 섬유장 및 섬유장 균제도 4. 트래시 및 더스트
에어젯 방적	마찰 방적
1. 섬도 2. 성속도 3. 강력 4. 섬유장 및 섬유장 균제도 5. 섬유간 마찰	1. 섬유간 마찰 2. 강력 3. 섬도 4. 섬유장 및 섬유장 균제도 5. 트래시 및 더스트

각 원면 특성의 의미, 중요성 및 측정법을 설명하면 다음과 같다.

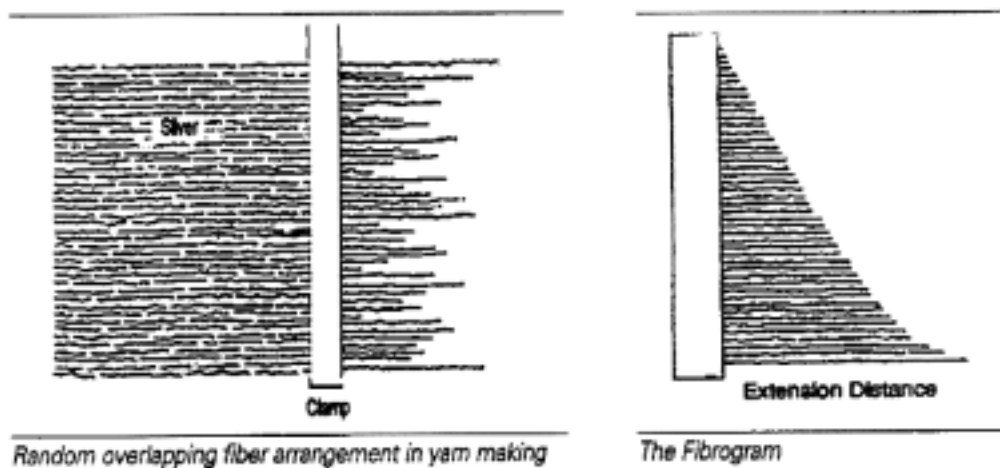
1.2.1 섬유장

기기를 이용하여 면섬유장을 평가하는 방법으로서는 대략 다음의 3가지 방법이 널리 알려져 있다 :

- 배열법(Array method)은 섬유 표본을 길이별로 분류한 후, 섬유군별 중량분포에 의해 스테이플 다이어그램을 구하는 것이다. 이 방법은 일반적으로 Suter-Webb Array 장치 및 시험절차에 적용된다.
- 파이브로그래프법은 섬유 표본 추출방식이 위와는 다른 것으로서 섬유를 길이 방향의 임의의 지점에서 파지하여 스펠 길이(파지된 부분으로부터의 섬유 길이)가 되도록 한 다음 가장 짧은 것에서 가장 긴 것까지 섬유를 배열하는 방법으로 방적공정에서의 섬유 거동을 가정한 것이다. 이 방법은 USTER FIBROGRAPH와 HVI에서 사용되고 있다.
- AFIS법에서는 섬유 표본을 추해 섬유를 분석하는데, 이때 오픈-엔드 정방과 매우 유사한 방법으로 더스트, 트래시 및 넵과 섬유를 분리한다. 섬유는 공기 기류에 의해 이동되어 섬유장을 측정하는 광센서를 통과한다. 이에 따라 올수기준 섬유장 도수분포 뿐만 아니라 중량기준 섬유장 도수분포 및 관련 스테이플 다이어그램을 얻을 수 있다. USTER AFIS 장치는 이 기술을 응용한 것이다.

파이브로그래프에 의한 섬유장 측정방법을 보다 자세히 설명하면 다음과 같다. 먼저 시험할 시료를 섬유의 길이방향에 따라 임의로 취해 “비어드 (beard)”가 되도록 한다. 비어드는 섬유가 랜덤하게 겹쳐지거나 평행화되기도 하는 방적공정중의 섬유 배열을 가정한 것이다.

파이브로그래프의 개념을 이해하기 위해서는 클램트로부터 섬유를 신장 길이 순서대로 배열하는 개념으로 생각하면 된다<그림 1.1>.



<그림 1.1> 방적공정에서의 섬유 거동과 파이프로그래프

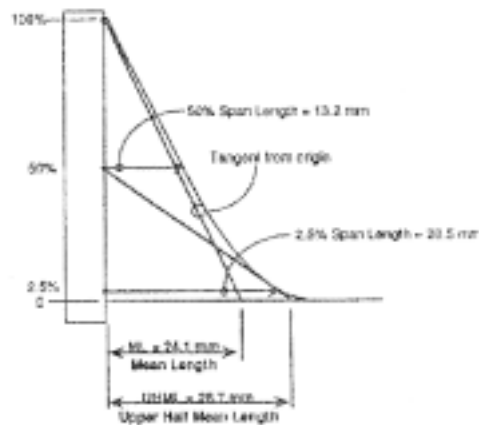
파이브로그래프에서 제공하는 섬유장에는 평균 섬유장(Mean length)과 스패 섬유장(Span length)의 두 가지가 있다.

이들 두 가지의 섬유장으로부터 섬유장 균제도를 계산하는데, 이중 하나는 “균제도율”(스패 섬유장 이용)이라고 하고, 다른 하나는 “균제도 지수”(평균 섬유장 이용)라고 한다<그림 1.2>.

$$\begin{aligned}
 \text{균제도율}(\text{UR, Uniformity Ratio}) &= 50\% \text{SL} \div 2.5\% \div 100 \\
 &= 13.2 \div 28.5 \times 100 \\
 &= 46.3\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{균제도 지수}(\text{UI, Uniformity Index}) &= \text{ML} \div \text{UHML} \times 100 \\
 &= 24.1 \div 28.7 \times 100 \\
 &= 84.0\%
 \end{aligned}$$

일반적인 원면의 경우 균제도율은 40~50% 사이, 균제도 지수는 75~85% 사이의 범위에 있다.



<그림 1.2> 파이브로그래에 의한 섬유장 표현

1.2.2 섬도/마이크로네어

방적공정중 섬유는 임의로 겹쳐지고, 평행하고 나란하게 배열되기도 한다. 동일한 굵기의 실을 고려하면 가는 섬유가 굵은 섬유보다 단위 면적당 더 많이 존재할 것이다. 가는 섬유가 많게 되면 전체 표면적이 더 커져 포합력이 증가하여 실 제조시 가해지는 굵은 섬유보다 더 강한 실이 될 것이다. 그러나 섬유가 굵을수록 가는 실로 만들 수 있는 가능성은 더 적어진다.

섬도는 방적시 가장 중요하게 고려해야 할 사항이다. 섬도의 정의, 섬도의 정확한 측정, 그리고 그 결과의 적절한 분석은 중요하다.

면섬유의 섬도는 원주, 직경, 단면적, 단위 길이당 중량이나 표면적과 같은 여러 가지 방법으로 정의할 수 있다. 실제적으로는 두 가지 정의 섬도, 즉 중량측정법에 의한 섬도 및 생물학적 섬도만 고려할 필요가 있는데 전자는 섬유의 단위길이당 중량으로 표현할 수 있고 후자는 섬유의 단면을 원형이라고 가정할 때 섬유 단면의 원주나 직경이 된다.

면섬유의 실제 섬도를 정의하기 위해서는 원주(또는 전체 표면적)과 세포벽의 두께(셀룰로스의 전체 부피)를 알아야 한다. 표면적은 단위 부피당 면적(비표면적)으로 표현할 수 있고, 일정한 부피의 챔버 안에 있는 일정 중량 시

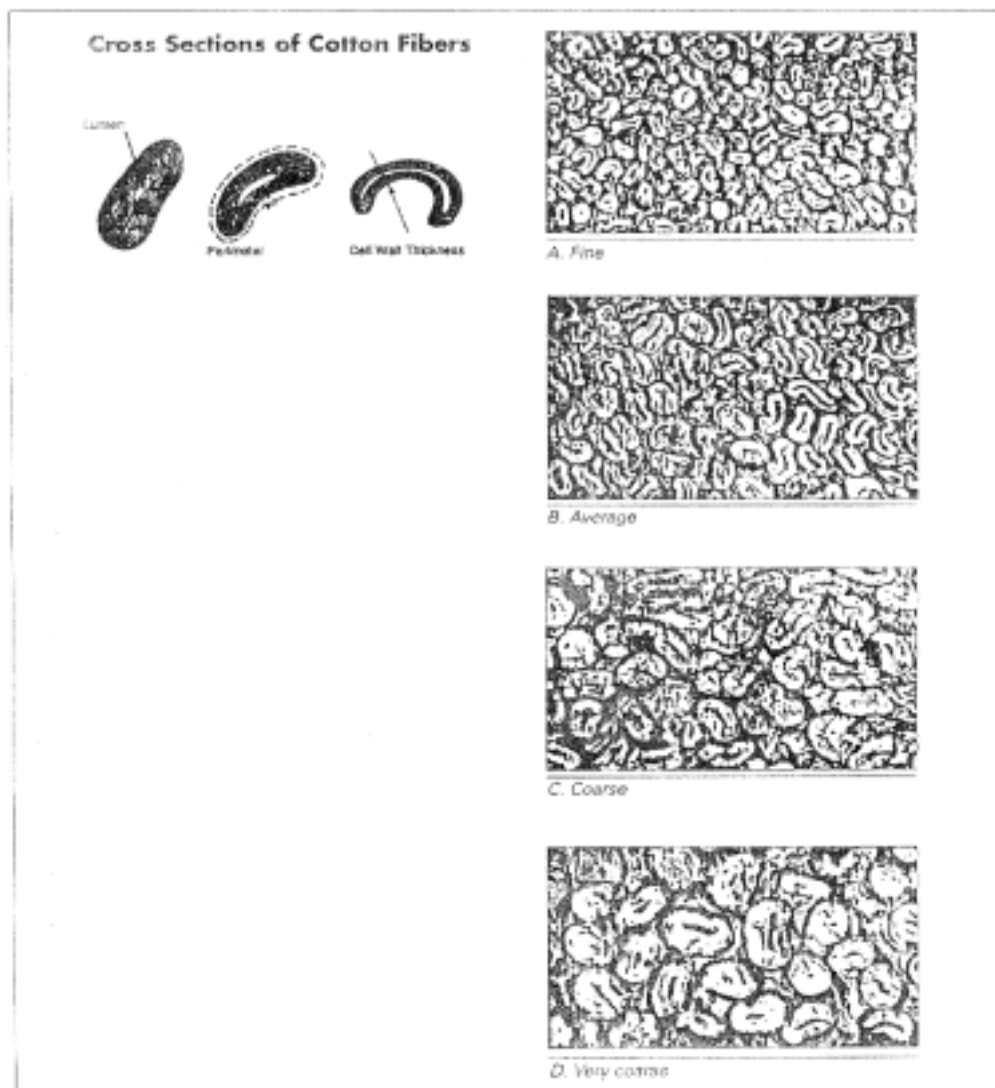
료의 공기 투과성과 섬유의 표면적간에는 상관성이 있다는 유체역학 이론을 근거로 공기류 측정 시험기로 평가할 수 있다. 마이크로네어 시험기는 섬유의 표면적을 측정하기 위해 가장 널리 사용되는 기기이다. 섬유의 섬도는 단위 길이당 섬유 중량으로 표현 가능한데, 예를 들어 섬유의 millitex는 섬유 1000미터당 밀리그램, 데니어는 섬유 9000 미터당 그램을 의미한다.

면섬유는 중앙에 구멍(중공)을 가지고 있는 리본과 같은 튜브 모양을 하고 있다. 마이크로네어가 작은 섬유는 실과 직물에서 냅의 원인이 될 수 있다. 만약 이들이 성숙하다면 강하고 굵기가 가늘게 될 것이므로 이들 섬유는 매우 바람직한 섬유가 될 것이다. 그러나 만약 이들이 성숙하지 못하면, 강력이 약할 뿐 아니라 실과 직물의 염색성에 문제를 일으키는 원인이 될 것이다. 마이크로네어가 큰 경우는 제조할 수 있는 실의 굵기에 한계가 있고, 대부분 원면의 경우 그 값의 범위는 약 2.0~6.0 사이이다<그림 1.3>.

마이크로네어	평가	비고
2.9이하	매우 섬세	원주의 길이는 짧지만 성숙한 섬유(좋은 섬유), 또는 원주의 길이는 길지만 미성숙한 섬유(나쁜 섬유)
2.9~3.7	섬세	성숙도나 원주의 길이가 다양함
3.8~4.6	평균	성숙도나 원주의 길이가 중간 정도
4.7~5.5	굵음	대체로 성숙하지만, 원주의 길이가 길다.
5.6이상	매우 굵음	와전 성숙 및 원주의 길이가 긴 섬유

원면의 섬도 측정을 위한 가장 일반적인 기기는 1946년에 소개된 마이크로네어 시험기로서 이는 일정 크기의 챔버내에서 일정 무게 면 시료의 공기 투과도를 측정하기 위한 에어 게이지로 구성되어 있다. 마이크로네어 스케일은 원래 시험용 표준 원면에 대해 측정된 선밀도를 이용하여 검량되었고, 그 측정 결과는 인치당 마이크로그램($\mu\text{g/in}$)으로 중량 섬도를 나타내는 것으로

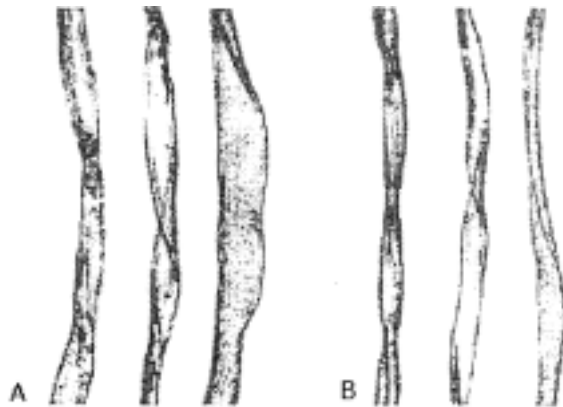
가정되었다. 그러나 많은 종류의 시료를 측정된 경험에서 볼 때 마이크로네어 스케일은 중량에 의해 측정된 섬도를 나타내지 않는 것으로 나타났다. 섬유 표면적은 기기에 의해 측정되는 특성이지만, 초기에 과학자들은 마이크로네어라고 명명된 이 기기로 인치당 마이크로그램의 실제 값을 측정하지 못함을 인식하였다. 비록 마이크로네어가 실제 섬도는 아니지만, 방적시 섬유의 선정 기준을 정하고, 원면의 가치를 평가하는 데 매우 중요한 것으로 인식되고 있다.



<그림 1.3> 면섬유의 단면과 굵기

· 면의 성장 과정

- ① 씨를 뿌린다.
- ② 2주 후 두개의 잎이 나타난다.
- ③ 5~6주 사이에 꽃봉오리가 맺힌다.
- ④ 8~9주 사이에 꽃이 핀다.
- ⑤ 꽃이 떨어지고, 다래(boll)가 남는다.
- ⑥ seed hair가 다래 안에서 성장하기 시작한다.
- ⑦ 16~18일 사이에 섬유 길이 및 원주가 결정된다.
- ⑧ 다음 22~50일 동안, 제2차 세포벽이 성장이 진행된다.
- ⑨ 세포벽이 성장이 멈추면 다래가 건조되어 터진다.
- ⑩ 섬유가 건조된다(중공이 형성된다) : 섬유가 리본과 같은 튜브 형태로 된다.



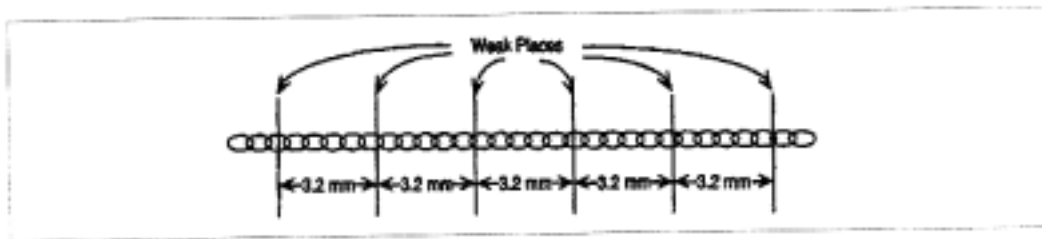
<그림 1.4> 면섬유의 외관(A: 굵은 섬유, B: 가는 섬유)

1.2.3 강력

강력이 낮은 섬유로 강력이 큰 실을 만들 수 없다는 사실로부터 방적 및 직물 제조에 사용하기 위한 원면의 평가에 강력이 매우 중요한 인자라는 것

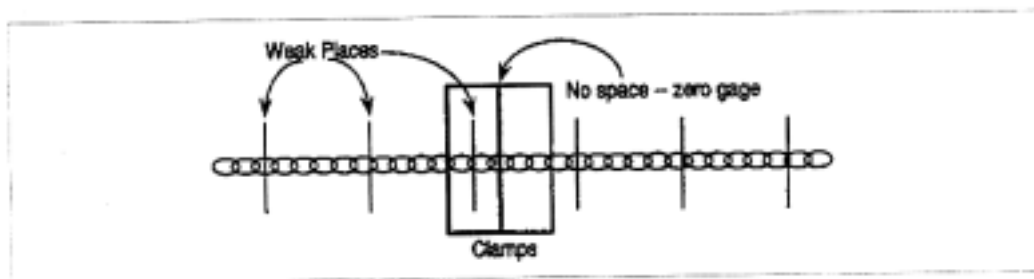
을 알 수 있다. 원면의 강력을 가시화하기 위해 섬유를 쇠사슬 구조로 간주하였다. 사슬에서 어떤 부분은 약하게 연결되어 있을 것이고, 여기에서 섬유가 절단될 것이다. 섬유의 강력을 측정하는 가장 일반적인 방법은 “섬유속” 시험방법으로서, 관련 시험기로는 Pressley tester, Stelometer 및 HVI가 있다.

면섬유 구조를 쇠사슬 형태로 묘사하였는데, 대개 원면은 품종에 관계없이 길이 방향으로 1/8인치(3.2mm)마다 약점이 있다.



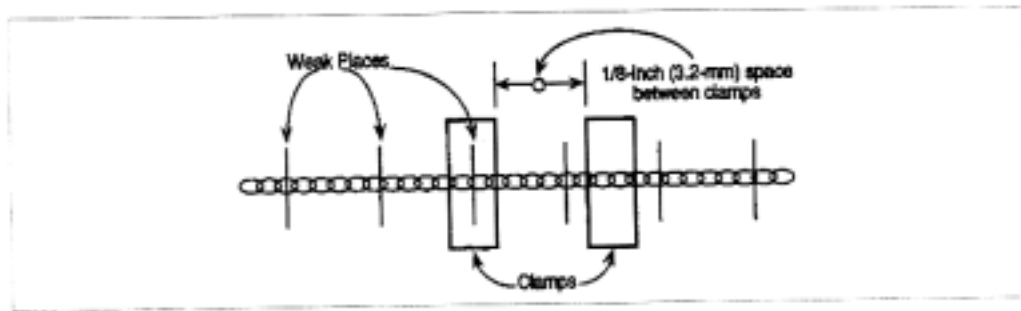
<그림 1.5>

클램프 간격이 없는 경우(0 게이지), 섬유가 약점에서 절단될 가능성은 매우 낮게 되고, 따라서 시험 결과는 항상 실제 강력보다 높게 되어 실제 강력을 정확히 알 수 없게 될 것이다.



<그림 1.6>

그러나 클램프 간격이 1/8 인치인 경우(1/8인치 게이지), 면섬유는 항상 약 점에서 절단되어, 섬유의 실제 강력을 보일 것이다. 따라서 HVI 시험기에서의 클램프 간격은 1/8인치이고, 1/8인치에 대한 g/tex로 표시된다.



<그림 1.7>

· HVI에 의한 섬유속 강력 시험 절차 및 원리

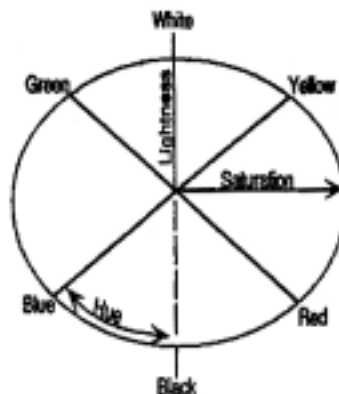
- ① Fibrosampler 및 Fibrosampler comb으로 섬유 시료를 비어드 형태로 만든다.
- ② 섬유는 비어드의 수직방향에 대해 일정한 “amount”에서 절단된다.
- ③ “amount”는 광학적인 방법에 의한 선밀도의 평가치이다.
- ④ 일정한 “amount”에서 섬유를 절단하므로 시료가 다르더라도 항상 일정한 올수의 섬유를 절단하게 된다.
- ⑤ 강력의 원시 데이터(raw data)는 섬유를 절단하는 힘에 직접적으로 비례한다.
- ⑥ 원시 데이터는 명시값의 표준시료를 시험하여 원하는 수준으로 보정된다.
- ⑦ 명시값은 Pressley, Stelometer, HVI 시험기 또는 사용자가 선택한 시험기로 측정할 수 있다.

· 강력 등급

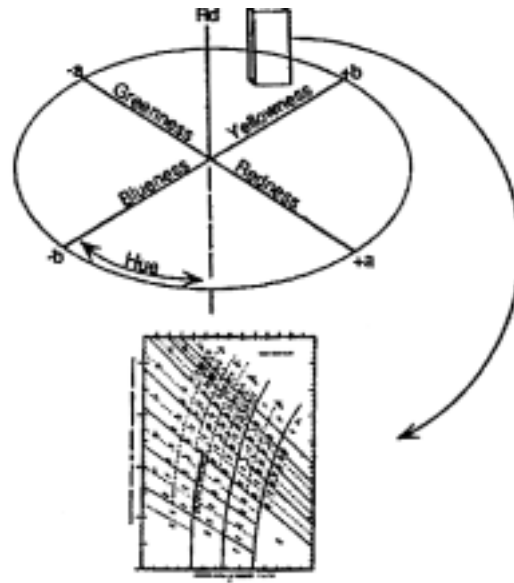
구 분	Pressley 0 MPSI (1000) lbs/in2	Pressley 1/8 (g/tex)	Stelometer 1/8 (g/tex)	HVI 1/8 (g/tex)
		ICC 표준 원면 사용		HVI 표준 원면 사용
매우 낮음	70~78	21이하	17이하	21이하
낮음	77~83	21~23	17~19	22~24
평균	84~90	24~26	20~22	25~27
높음	91~97	27~29	23~25	28~30
매우 높음	98~104	30이상	30이상	31이상

1.2.4 색상

일반적으로 색은 빛의 파장 분포와 관련이 있다. 가시광선은 색상 스펙트럼에서 보라색과 빨간색 영역의 파장 사이에 있고, 일반적으로 물체는 가시광선 영역에서 고유 파장의 빛을 흡수하기 때문에 고유의 색을 갖게 되는데, 흡수되지 않는 빛이 반사되어 관측자에게 보여지는 것이다.



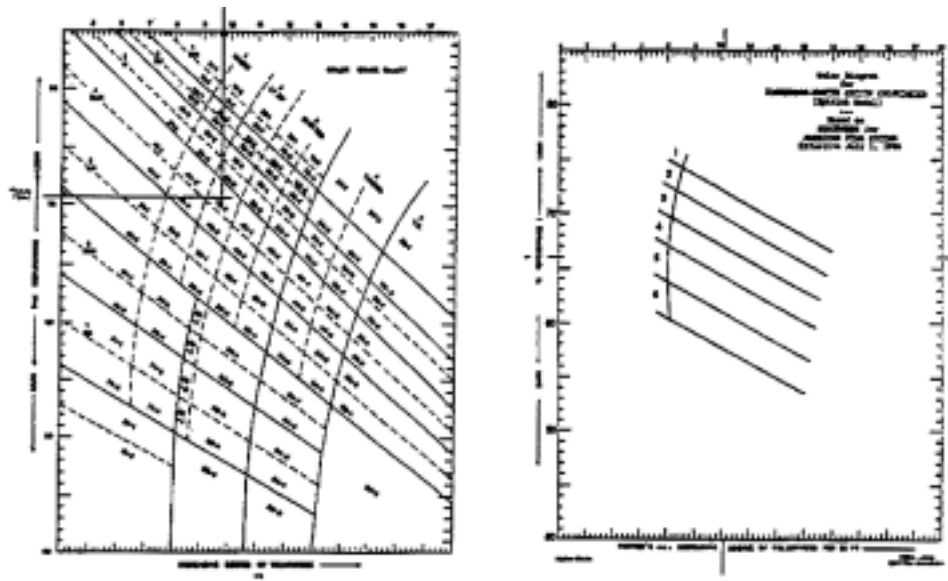
<그림 1.8>



<그림 1.9>

원면은 청색도(blueness)나 녹색도(greenness)는 없고, 약간의 적색도(redness)를 가지고 있다. 원면은 상대적으로 작고 좁은 범위의 백색도(whiteness)와 황색도(yellowness)를 가지므로 3차원보다는 2차원으로 시험되어야 할 것이다. 면섬유 “Colorimeter”는 USDA에서 American Upland Cotton 및 American Pima Cotton의 등급평가를 위해 개발되었다.

HVI 시험기에 의해 평가된 색상 등급은 원면의 가격과 품질에 중요한 영향을 미친다. 이 색상 등급은 HVI에서 사용되는 Hunter-Nickerson Colorimeter에 의해 작성되었고, 각각의 색상도표가 개발되어 관련 자료들이 HVI 소프트웨어에 기록된다. 원면의 Rd(반사율) 및 +b(황색도)에 의해 HVI는 색상등급을 결정한다. 아래 도표들은 USDA Upland Cotton 표준 등급 및 American Pima Cotton 표준 등급의 예로 사용자는 특정지역에 대한 고유 원면의 색상 등급도표도 입력할 수 있다.



<그림 1.10>