

원사 품질과 가호에 따른 제직성

1. 서 론

원사(grey yarn)의 품질과 가호공정은 가호사의 제직성에 지대한 영향을 미친다. 제직성에 대한 실의 품질과 가호의 상대적인 기여도는 실의 품질 및 가호의 효과를 최적화하는데 도움을 주는 것처럼 매우 중요하다. 그리고 실제로 직기를 사용하여 가호 전후의 실의 성능을 평가하여 이러한 상대적인 기여도를 구분할 수 있다. 가호되지 않은 실을 사용하여 제직하기에는 상당히 어렵기 때문에 본고에서는 제직성에 대한 원사의 품질과 가호의 상대적인 기여도를 평가하기 위하여 제직 시뮬레이션(simulation)기법을 사용하였다. 실제 제직공정에서 일어나는 응력과 유사한 응력을 부여할 수 있는 Web tester에서는 바디침으로 인한 경사의 마모와 실의 잔털로 인한 경사의 엉킴을 제외한 일정한 주기로 일어나는 실의 신장, 마모 그리고 굽힘 등과 같이 직기에서 발생하는 중요한 응력을 일정한 장력하에서 원사와 가호사를 Web tester에 나란히 배열하여 각각의 제직성으로서 알아보았다.

리이강도는 실의 타래(둘레가 1m 혹은 1.4m인 물레로 80회 감은 타래 즉 실이 160가닥임)로 만들어서 시험되는데 실에서 가장 약한 부위의 강도가 측정된다. 그러므로 변수 강력정수(CSP)^{주)}는 실에 대한 품질의 통합지수(integrated index)로서 간주된다. IPI値中 굵은 부분(thin places)과 가는 부분(thick places)같은 결점을 갖고 있으며 CSP를 1,800~2,600까지 변화시켜 방출한 면사 40's를 묶게 희석하여 끓인 전분을 사용하여 가호율이 6%와 12%가 되도록 가호하여 가호의 효과를 연구하였다.

2. 실험

가. 원 사

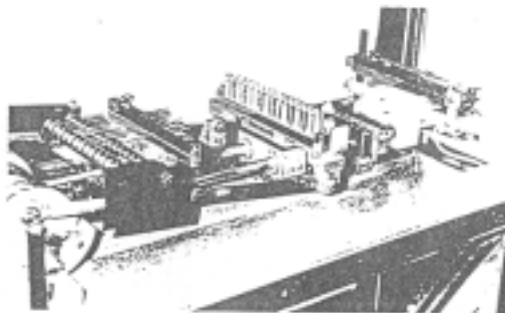
변수가 40°인 5종류의 링 방적사 시료는 CSP가 1,800 ~ 2,600까지 되도록 적절한 혼면을 하여 TM4.3으로 방적하였다. 각 원면의 평균 섬유장은 19.2 ~ 24.6mm이었으며 섬유속 강도는 17 ~ 26.2g/tex이었다.

나. 가호사

물계 희석하여 끓인 전분이 모든 실험에서 호제로 사용되었다. 泥狀流動體(slurry)는 약 15분 동안 휘저어 준 다음 끓는 물에서 1시간 동안 처리하였으며 일정한 온도($90 \pm 2^\circ\text{C}$)에서 가호하기 위하여 패드 박스(pad box)는 끓는 물 내부에 설치하였다. 경사는 단위가호기(single end laboratory sizing m/c)에서 가호율 6%와 12%로 가호되어 권사기에 리이 형태로 감았다.

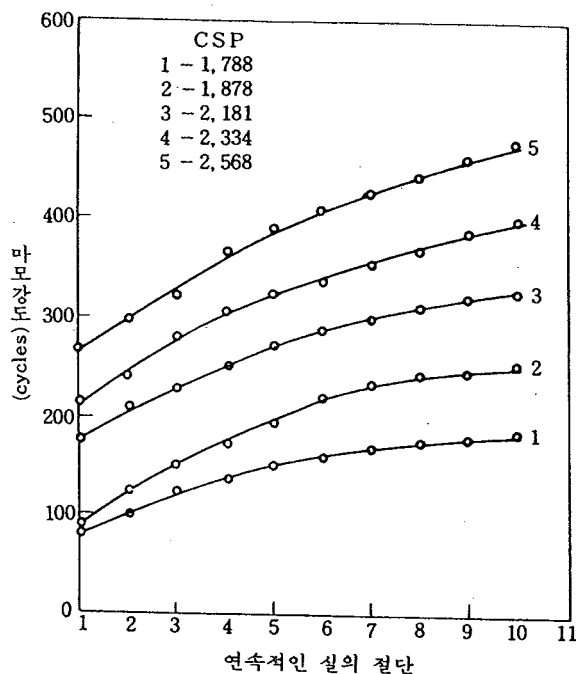
다. 마모강도 시험용 시료

링 방적사가 감긴 10개의 보빈에서 리이 형태의 타래로 감긴 원사가 실의 마모강도 시험용 시험편으로써 채택되었다. 리이 상태로 감긴 원사와 가호사는 꼬임을 안정화시키기 위해 온도 27°C , 상대습도70%에서 48시간동안 방치하였다. Web tester에서 시험되는 개개 실은 리이 상태로 감긴 타래에서 절단되어 Web tester에 파지되기 때문에 실이 사절 된 양측을 접착 시키거나 개개의 실을 빈번하게 잡아당겨서 실에 있는 꼬임이 풀어지지 않도록 해야 한다.



<그림 1> Web tester

<그림 1>의 Web tester는 제직중의 마모강도를 측정하는 데 사용된다. 그리고 이 장치는 일정한 주기로 발생하는 경사의 신장, 실의 길이방향으로의 마모 그리고 일정한 장력이 가해진 상태에서의 굽힘 등과 같이 매우 중요한 응력들을 동시에 측정한다. 이 장치는 마찰 핀, 일정한 주기로 일어나는 신장 및 권취속도에 따라서 실의 권취각을 변화시킴으로써 마모의 강도를 각각 달리하는 장치이다.



<그림 2> 원사의 마모특성

이 시험에서는 15올의 실이 시험기에 파지되어 처음 1올부터 10올까지의 실이 절단되는 데 소요되는 마모강도(cycles)가 측정되며, 나머지 5올의 실에 대한 마모의 정도는 무시된다. 연속적으로 절단되는 실 즉 처음 1올부터 10올까지 실이 절단될 때의 마모강도에 대한 5회의 평균치가 <그림 2>에 나타나 있다. 마모되기 전과 10번째 실이 절단될 때의 신장도 중요한 특성이다.

이 장치의 시험조건은 다음과 같다.

- ① 시료의 길이 : 500mm
- ② 초하중 : 3g/tex
- ③ 주기적인 신도 : 0.5%
- ④ 핀 : 3mm

3. 실험결과 및 고찰

가. 실의 품질특성

원사의 인장강신도, 균제도, IPI치 및 이들과 밀접한 관계가 있는 CSP를 표 1에 나타내었다. 더욱이 리이강도를 시험함으로써 얻을 수 있는 CSP는 리이강도 시험기의 독특한 구조에 따라서 가장 약하면서 신도가 가장 적은 실이 절단될 때의 강도로부터 얻을 수 있다. 본고에서는 CSP를 실의 품질지수로 간주하였다.

<표 1> 원사의 특성

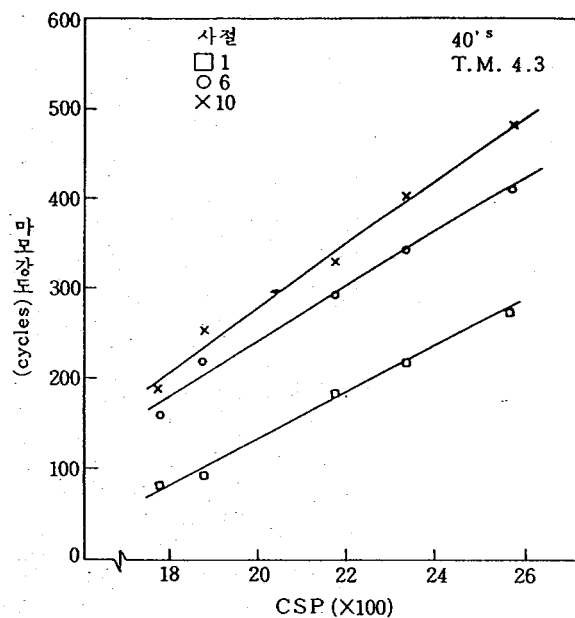
항 목	공칭변수 -40's (15tex) TM-4.3				
실측변수	40.2	40.8	39.6	39.0	41.0
변수 CV%	5.8	11.6	3.9	2.6	3.6
CSP	1,788	1,878	2,181	2,334	2,568
CSP CV%	9.6	4.9	8.0	5.7	6.4
단사강도 g	173	190	208	213	229
단사강도 CV%	13.3	11.2	13.3	8.9	11.5
단사신도 %	5.2	5.6	6.1	6.2	6.8
단사신도 CV%	15.8	9.6	12.9	12.3	11.4
U %	17.3	17.1	15.9	13.5	12.0
IPI치 (개/100m)					
가느부분 (-50%)	83	48	15	9	2
굵은부분 (+75%)	179	118	85	79	63
넵 (+280%)	164	82	98	74	18

나. 실의 마모강도

실이 절단될 때까지의 마모강도와 마모할 때 발생하는 실의 신도를 Web tester로 측정하였다.

다. 원사

<그림 2>에서 원사 40's에 대한 마모강도 곡선을 보면 실을 마모시켜 절단하는 데 요구되는 마모강도는 연속적으로 실이 절단됨으로써 점진적으로 증가한다. IPI치가 많으면서 CSP가 낮은 실의 마모강도 곡선은 기울기가 매우 완만하며 마모강도의 가변성도 적은 것으로 나타났다. 그러나 IPI치가 적으면서 CSP가 큰 실의 마모강도 곡선은 기울기가 매우 크며 마모강도의 가변성도 크다.



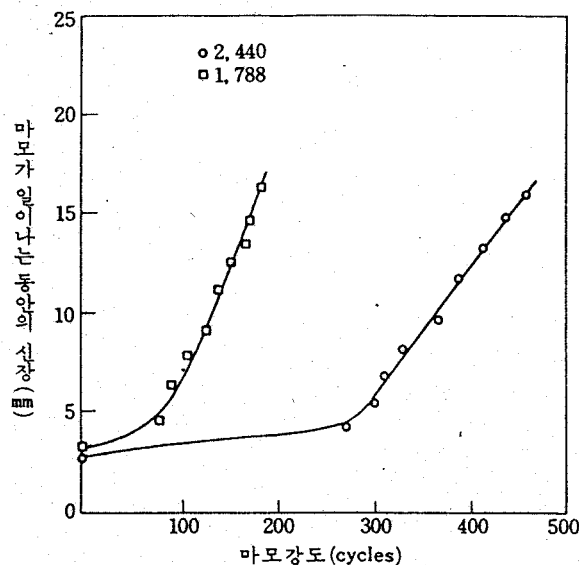
<그림 3> 원사에 대한 CSP와 마모강도와의 관계

이러한 실의 거동은 두 가지 요인에 의존한다. 이 두 가지 요인은 실의 평

균 CSP와 IPI치의 빈도 및 가변성이다. 마모강도 곡선의 기울기는 실의 CSP가 증가할수록 커진다는 사실도 마모강도 곡선을 자세히 분석해보면 알 수 있다. 실의 마모강도는 어떤 다른 강도보다 CSP와 직선의 관계가 있다는 것을 <그림 3>으로부터 알 수 있다. 그리고 이런 기울기는 실의 마모강도 즉 마모횟수에 따라 변한다. CSP와 마모강도와의 상관관계는 상관계수(r) 0.997로서 매우 유의하였다.

CSP가 증가함에 따라 마모강도가 증가하는 현상은 마모시험의 거동과 실의 구조로부터 설명될 수 있다.

라. 마모의 거동



<그림 4> 원사에서 마모가 계속되는 동안의 실의 신장

일정한 주기로 발생하는 신장과 굽힘으로 발생하는 실의 길이방향으로의 마모 등 두 가지 응력에 의해서 마모가 발생할 때는 일정한 장력하에서 이루어진다. 이런 응력으로 인해서 실의 구조가 느슨해지며, 실의 구조가 느슨

해지면 섬유 간의 미끄럼 현상이 고대로 일어나서 실이 신장된다. 마모가 발생하면 실의 구조로 볼 때 섬유가 닳아 없어져 섬유의 중량감소가 생기며 섬유간의 미끄럼이 증진된다. 섬유간의 미끄럼 때문에 발생하는 부가적인 신장은 회복되지 않는 영구신장이 된다. 마모현상은 실의 구조로 볼 때 다수의 섬유가 닳아 없어지기 시작하여 실이 절단될 때까지 계속된다. CSP가 높은 실 그리고 낮은 실이 마모되는 동안에 연속적인 신장거동을 <그림 4>에 나타내었다. CSP가 낮은 실에서는 실의 신장이 빨리 일어나며 마모현상도 급격한 속도로 일어난다.

마모횟수 당 정상적인 실의 신장 즉 마모가 일어나는 동안의 신장 E_p 는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$E_p = (E_2 - E_1)/W_{10}$$

E_1 : 일정하게 적용된 하중에서의 초기신장

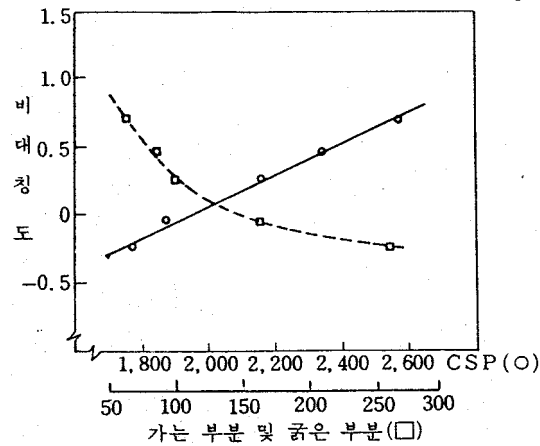
E_2, E_{10} : 10번째의 실이 절단될 때의 신장(E_2) 및 마모횟수(W_{10})

제직 중의 마모횟수에 대한 도수분포는 정규분포가 아니고 비대칭분포로서 비대칭도(coefficient of skewness)는 다음 식으로부터 구할 수 있다.

$$\text{비대칭도}, S_k = \frac{3(\text{평균치} - \text{중앙값})}{\text{표준편차}}$$

CSP의 비대칭도 및 가는 부분(thin places)과 굵은 부분(thick places)을 합한 결점수의 비대칭도가 <그림 5>에 제시되어 있다.

이러한 관계를 전체적으로 고려하여 보면, 가는 부분 및 굵은 부분과 같은 결함이 있으면 CSP가 낮은 실에서 관찰되는 음의 비대칭도가 나타난다. CSP가 낮은 실은 실의 평균 마모강도를 감소시킬 뿐만 아니라 마모강도가 매우 낮은 실의 비율을 높이는 결과가 되어 평균 마모강도의 저하를 초래한다. 강도가 약한 실에서 이와 같이 마모강도가 저하되는 실이 나타나는 것은 제직 공정에서 과도한 경사절이 나타나는 이유가 되는 것이다.



<그림 5> CSP 및 가는 부분과 줄은 부분의 비대칭도

마. 가호사

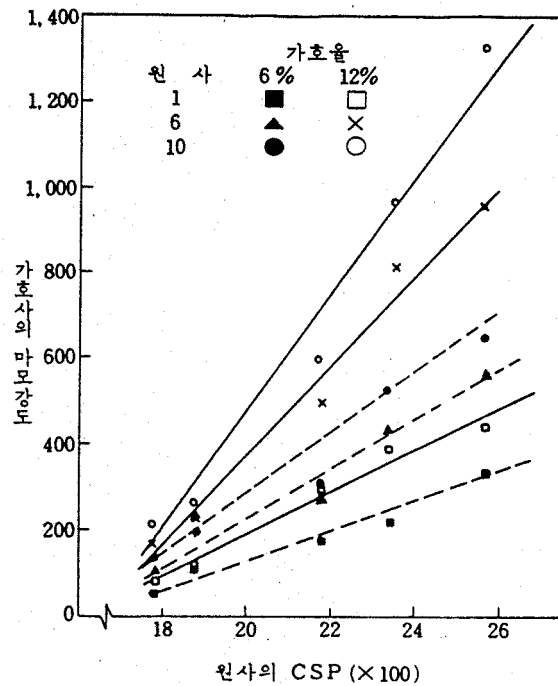
CSP가 상이하고 가호율을 6%와 12%로 하여 가호 된 실을 각각 5점씩 취하여 마모횟수를 측정한 결과가 <그림 6>에 나와 있다. 가호율이 낮으며 CSP가 낮은 실 (곡선 1과 2)은 가호율에 따른 마모강도 곡선의 차이가 그리 크지 않았다. 그러나 CSP와 IPI치에서 어떤 최소의 품질 수준을 유지하고 있는 실의 마모강도 곡선(곡선3)에서는 가호율이 높은 실의 마모횟수가 눈에 띄게 증진되었다.

더욱이 가호사의 신장이 원사의 신장에 비해서 크게 감소하고 있는 현상도 <표 2>로부터 알 수 있다.

<표 2> 마모될 때의 실의 신장

($\% \times 10^{-3}$)

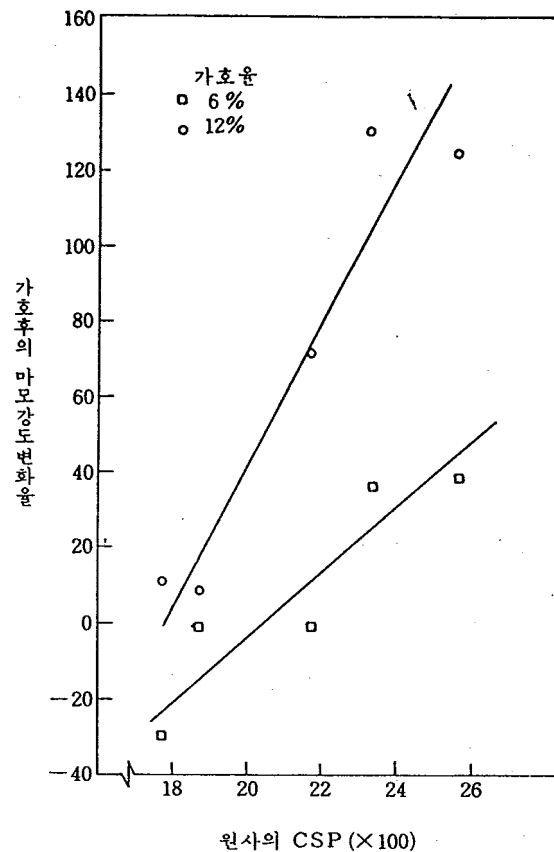
실 CSP 항목	1,788	1,878	2,181	2,334	2,568
원사	15.2	11.1	8.3	7.3	7.9
가호사					
6% 가호율	4.8	4.3	4.4	2.5	1.8
12% 가호율	3.0	4.1	2.3	1.1	0.4



<그림 7> 원사의 CSP가 가호사의 마모힘수에 미치는 영향

<그림 7>은 실의 품질과 가호율에 따른 가호사의 마모강도를 나타낸 그림으로서 CSP가 큰 실이 마모강도가 훨씬 컸다. 품질이 나쁜 실에 가호율을 크게 높여도 마모강도는 증진되지 않는다. 반면 품질이 양호한 실에 가호율을 높이면 마모강도가 크게 증진된다. 그러나 강도가 약한 결함이 있는 실의 마모강도는 가호율에 거의 영향을 받지 않는다는 사실은 주목할 만한 사항이다. 마모시험에서 15올의 실 가운데 첫번째로 절단되는 실의 마모강도는 가호율을 높인다고 해서 크게 증진되지 않는다. 가호를 함으로써 몇 개의 항목에서 최소의 품질을 나타내는 실의 마모강도만을 증진시킬 뿐이다. 결국 가호는 실의 품질을 증진시킬 수는 없으며 단지 실이 함유하고 있는 성능을 최대로 발휘할 수 있도록 도움을 주는 것이다. 가호사에서 평균 마모강도의 변화율은 원사의 품질과 가호율에 의존한다는 사항이 <그림 8>에 제시되어 있다. 양호한 품질의 원사를 사용하여 가호할 때 마모강도의 증진이 가능하

다. 사실 품질이 낮은 실을 가호하면 마모강도가 저하된다. 실의 품질에 따라서 최적의 가호를 하게 되면 마모강도가 최대로 증진된다.

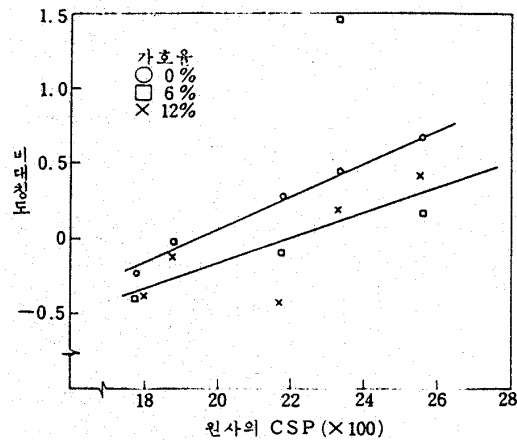


<그림 8> 원사의 CSP가 가호사의 강도변화율에 미치는 영향

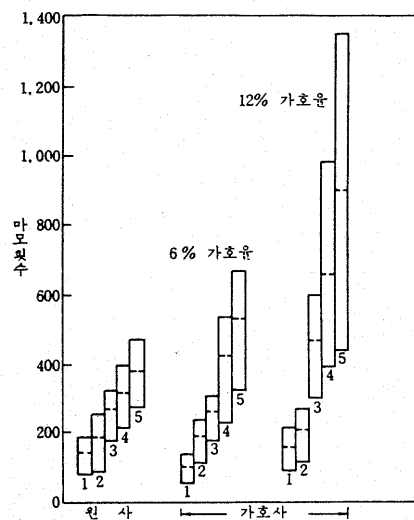
원사에 가호를 함으로써 마모강도에 失이 되는 실의 구조가 증가한다는 사항이 <그림 9>에 제시되어 있다. 비록 가호를 함으로써 가호사의 평균 마모강도가 증가한다고 할지라도, 가호에 의해서 평균 마모강도 이하의 강도를 갖는 가호사의 비율도 증가된다는 것과 일치한다. 이와 같이 가호사의 마모강도가 적으며 경사절이 발생하는 잠재적인 요인이 되는 것이다.

원사 및 가호사의 마모강도 시험에 첫번째 실이 절단되는 데 소요되는 마

모횟수, 마지막 10번째 실이 절단되는 데 소요되는 마모횟수 그리고 10올의 평균치가 <그림 10>에 제시되어 있다. 원사의 마모강도는 실의 품질이 양호한 경우에 커지는 것을 막대그림표로부터 알 수 있다. 2번 실의 평균 마모강도는 강도가 약한 실의 감소에 의해서가 아니라 강도가 강한 실의 마모강도가 증진함으로써 증가하여, 반면 3번, 4번 그리고 5번 실은 가호가 약한 실일지라도 실의 마모성능을 증가시킴으로써 가호사의 품질에 있어서 명백한 영향을 나타내고 있다는 사실은 매우 흥미로운 일이다.



<그림 9> 원사의 CSP가 가호사의마모강도 비대칭성에 미치는 영향



<그림 10> 원사 및 가호사의 마모강도(cycles)

1번, 2번 그리고 3번 실에서 가호율이 낮으면 마모강도가 원사의 수준보다 감소하며, 가호율을 높이면 마모강도가 커짐을 그림으로부터 알 수 있다. 이러한 사실은 아주 중요한 결과로서 원사에서 꼬임의 변동으로 인한 마모강도의 증가는 가호를 함으로써 방지할 수 있다는 것을 나타내고 있다. 그러나 가호율이 아주 미미할 때는 이러한 영향이 나타난다. 어떤 실의 품질에서 강도만을 증가 시킴으로써 평균 마모강도를 증진시킬 수 있지만 가호율이 적은 경우에는 결함이 있는 실 및 강도가 약한 실의 성능에 거의 영향을 미치지 않는다. 가호율을 높이면 실의 전반적인 마모강도를 증진시킴으로써 최적의 실에 대한 평균 마모강도를 증진시킬 수 있다. <그림 10>에 제시되어 있는 막대그림표에서는 원사의 품질과 가호가 마모강도에 미치는 기여도가 명확하게 구분되어 표시되어 있다.

사. 제직성 지수

제직에 사용되는 실의 성능은 평균마모강도와 마모로 인한 실의 신장에 영향을 받는다. 그러므로 제직성은 다음과 같은 식으로서 평가된다.

$$\text{제직성} = \frac{\sqrt{W}}{E_p}$$

W: 평균마모강도(cycles)

E_p: 마모로 인한 실의 신장

이 식에 의해서 계산된 제직성 지수가 <표 3>에 의하면 가호는 원사의 성능을 증진시킨다는 것을 명확하게 알 수 있다. 낮은 가호율은 실의 품질이 매우 양호한 경우에 효과적이며 높은 가호율은 비교적 실의 품질이 떨어지는 경우에 사용될 수 있다.

제직성 지수는 CSP와 상관관계가 양호하여 원사에서는 0.77 가호사에서는 0.99를 나타냈다. 그리고 가는 부분 및 굵은 부분과는 음의 상관관계를 나타내어 원사에서는 -0.99, 가호사에서는 -0.93이 되었다.

<표 3> 제직성 지수

원사 CSP 항목	1,788	1,878	2,181	2,334	2,568
원사	98	133	180	209	222
가호사					
6% 가호율	149	212	244	414	550
12% 가호율	234	225	452	775	1,499

4. 결 론

① 가호율에 따라서 실의 품질을 평가하면 제직성에서는 마모강도가 인장 강도보다 훨씬 민감하게 작용한다.

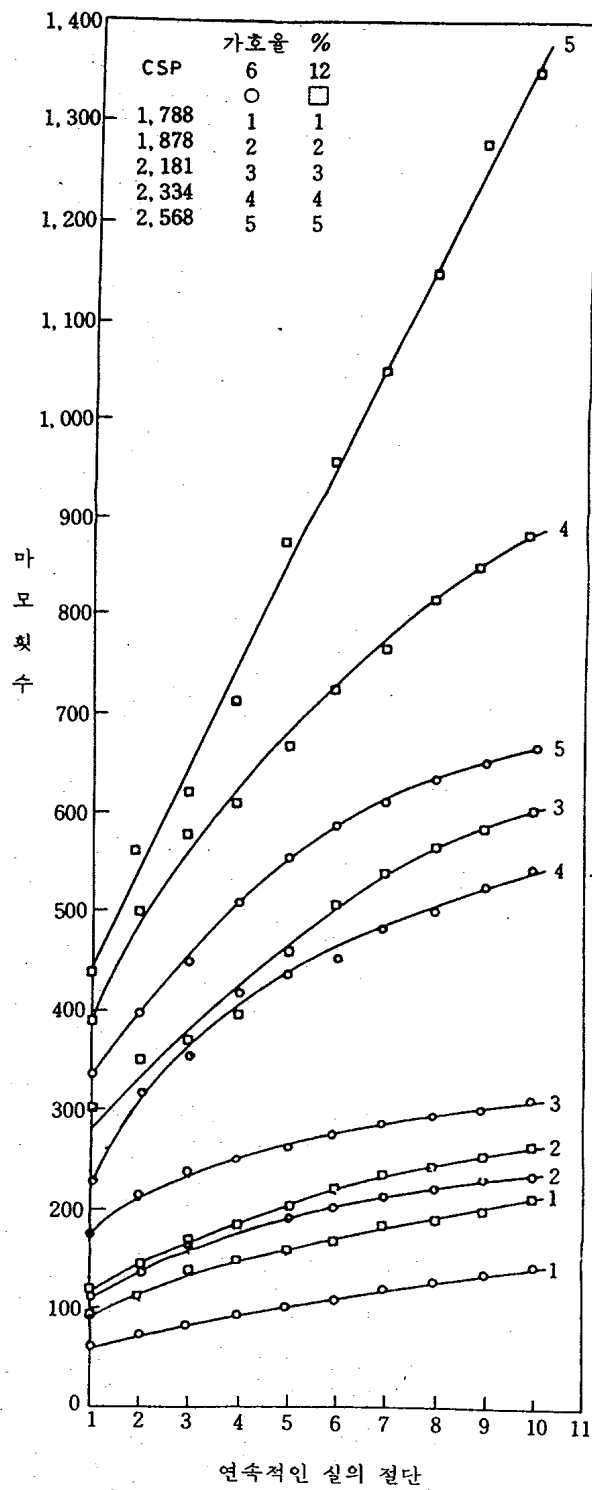
② 원사의 마모로 인한 신장은 가호에 의해서 감소된다.

③ 가호는 어떤 최소품질을 가지고 있는 원사의 마모강도를 증진시킨다. 원사의 품질이 양호한 경우에는 낮은 가호율이 요구되며 원사의 품질이 불량한 경우에는 높은 가호율이 요구된다.

④ CSP는 실의 품질을 평가하는 중요한 지수로서 마모강도와는 상관관계가 양호한 0.97로서 직선의 관계가 있다. CSP가 작은 실은 CSP가 큰 실보다 가는 부분과 굵은 부분의 수가 많다. 실의 굵은 부분과 가는 부분은 마모강도와는 양호한 음의 상관관계를 보이고 있으며 음의 비대칭성을 이루고 있다.

⑤ 원사와 가호의 제직성에 대한 기여도는 원사와 가호사의 마모강도를 비교하여 평가한다.

⑥ 실의 제직성은 제직성 지수로서 평가되며 CSP 및 IPI치와도 상관관계가 양호하다.



<그림 6> 가호사의 마모특성

주) 변수강력정수(lea count strength product = CSP)

면사의 리이 인장강력과 변수의 곱으로 이를 테면 40^s 면사의 리이
인장강력이 50lb일 때 변수강력정수는 $40 \times 50 = 2,000$ 이 된다.