정방공정조건과 면사품질

Ⅰ. 서 언

소비수준의 향상과 국제경쟁의 격화로 인하여 면방적사에 있어서도 국내외적으로 제품의 고급화가 절실히 요구되고 있다. 이러한 관점에서 방적사의 불균제도는 실의 품질에 영향을 주는 매우 중요한 인자로서 이를 최소화 시키기 위한 노력은 부단히 계속되어 왔다.

Gregory와 Tyson[1)]은 프런트 톱 롤러의 편심에 의하여 발생되는 실의 불균제도는 주기성을 띄며 그 주기는 롤러의 원주길이와 같고 주기 불균제도의 진폭은 파지점의 이동범위와 드래프트량(D-1)에 비례한다고 하였으며 Felix[2)]는 정방 프런트 톱 롤러의 편심만에 의한 부가불균제도(Added irregularity)의 값에 대하여 이론치와 실험치를 비교하고 이 차이발생에 대한 추정을 하는 등 편심롤러와 관련된 연구가 많았으며[1-4)] Audivert등[5,6)]은 정방기의 break draft와 tensor opening이 증가하면 front zone에서의 drafting force가 감소되어 방적사의 강력과 균제도에 나쁜 영향을 미친다고 하였다.

그리고 Balasubramanian[7)]은 면사의 사품질에 대한 top roller weighting, tensor opening 및 top roller setting의 영향에 관한 연구에서 중번수이하에서는 tensor opening을 좁히든가 top roller weighting을 증가시킴으로서 실의 균제도를 향상시킬 수 있다고 하였다.

또 spindle speed와 관련된 drafting speed가 사강력과 불균제도에 미치는 영향에 대한 연구[8-11)]도 많이 있었는데 흥미있는 것은 이들이 서로 상반된 결과들을 보이는 것이다.

Audivert와 Vidiella[8,9)]는 double-apron system을 사용했을 때 spindle speed 6,000~12,000r.p.m의 범위에서 drafting speed가 증가함에 따라 리이강력이 증가

함을 발견했으며 Shanklin[10]은 역시 double-apron system에서 spindle speed 4,000~8,000r.p.m의 범위에서 리이 강력이 증가한 후 8,000~14,000r.p.m의 범위에서 계속 감소한다고 보고하였고 Sengupta와 Kapoor[11]는 3가지 상이한 drafting system을 사용하여 행한 연구에서 spindle speed가 7,000r.p.m.에서 12,000r.p.m.으로 증가함에 따라 double-apron system과 single-apron system에서는 단사강력이 증가하고 균제도가 나빠짐을 발견하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 방적사의 불균제도는 여러 가지 부적절한 방적공정 때문에 기인되는 것으로서 여러 가지 주기를 갖게 되며 그 주기의 길이에 따라 단주기(주기장 10in. 이상), 중주기(주기장 10~100in.) 및 장주기(주기장 100in. 이상)로 구분되는데 특히 단주기 불균제도는 최종제품인 직편물의 외관에 뚜렷한 결함을 나타내게 된다.

따라서 본 연구는 우리나라 면방적공장에서 주완제품으로 생산하고 있는 카드사 30's, 코머사 38's 및 폴리에스터/면 혼방사 45's의 실들을 대상으로 정방공정 중에서 단주기 불균제도를 생성시키는 요인으로 판단되어지는 ① front top roller의 편심, ② top roller cot의 경도변화, ③ draft배분(draft distribution), ④ tensor opening의 변화, ⑤ top roller압력의 변화, ⑥ drafting speed(spindle speed)의 변화 등의 6가지를 선정하여 이들 각 요인들이 실의 품질에 미치는 영향을 확인하고 좋은 품질의 실을 생산하기 위한 최적조건을 찾는 동시에 spectrogram에 의하여 단주기 불균제도를 부가불균제도의 분석으로 해석하였는 바 본 고에서는 그 결과를 종합검토하여 보기로 한다.

Ⅱ. 실 험

Ⅱ-1. 실험재료 및 장치

본 연구에 사용된 원료는 국내 면방적공장에서 생산되고 있는 조사[16-19]를

사용하였으며 이 조사를 실험방출한 정방기는 3/3 double-apron의 UT-620 top arm weighting system을 가진 Sussen spinntester(6 spindles, $1^{3}/_{4}''\Phi$ring)이다.

Ⅱ-2. 실험방법

front top roller의 편심을 8수준(0~20/100mm), top roller cot의 경도를 5수준(65˚~85˚), break draft를 5수준(1.21~2.20), tensor opening을 5수준(2.5~5.0mm), top roller의 압력을 3수준(10~16kg), 그리고 spindle speed를 5수준(6,000~14,500r.p.m.)으로 각각 변경하여 실험방출하였다[16-19].

Ⅲ. 시험분석

Ⅲ-1. 사품질시험

방출한 모든 조건의 실에 대하여 사품질 특성으로서 실의 균제도(U%)[22], 사결함수(I. P. I)22), 강력 및 신도를 측정하였다.

Ⅲ-2. 부가불균제도의 분석

모든 조건에 따라 방출한 시료에 대하여 얻은 Uster spectrogram으로부터 부가불균제도를 계산[21]하여 단주기(주기장 : 10in. 이내)와 장주기(주기장 : 경조법에 대하여는 KOTITI보고 3-75및 4-76 “방적사의 단주기 불균제도에 관한 연구”에 잘 설명되어 있으므로 여기서는 생략하기로 한다.

Fig. 1 Size of yarn panel

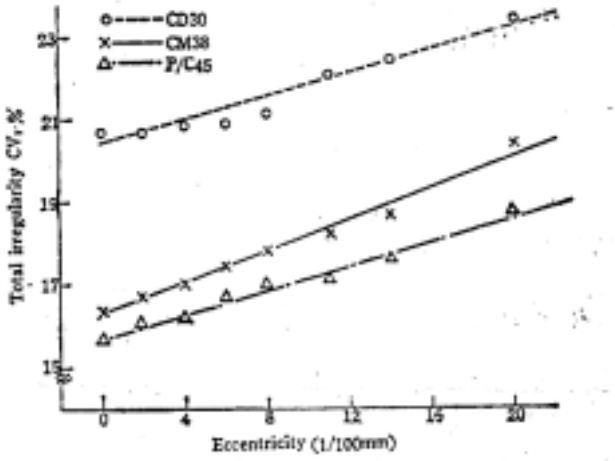


Fig. 2 Total irregularity vs. eccentricity

III-3. 사조판에 의한 주기검출

주기성 불균제도의 주기장은 spectrogram에서 직접볼 수 있지만 Fig.1에 표시한 바와 같은 여러 개의 사다리꼴 모양의 사조판에 실을 감아서도 육안으로 간단히 측정할 수 있으므로 현장 실무자들에게 추천할 만한 방법이라 하겠다.

여기서 주기장의 계산은 산의 형태를 이루는 위치에서

$$\frac{\text{산의 형태를 이루는 사조판 둘레}}{\text{산의 수}}$$

의 방법으로 한다.

Ⅳ. 결과 및 고찰

여러 가지 조건에 따라 방출한 실의 품질시험결과와 부가 불균제도의 분석결과를 검토하여 보면 다음과 같다.

Ⅳ-1. front top roller의 편심

front top roller의 편심량 증가는 전체 불균제도(CV%)에 매우 유의한 영향을 미치고 있으며(1% 유의수준에서 유의) 이 관계를 그래프로 나타내어 회귀직

선을 그려보면 Fig. 2와 같다.

또 전체불균제도의 번수별 평균치의 차를 검정하기 위하여 T-검정을 행한 결과 카드사 30's는 6/100mm이하, 코머사 38's는 2/100mm이하의 편심량에서는 전체불균제도에 아무런 영향을 미치지 않았으나 P/C혼방사 45's의 경우는 2/100mm의 편심량에서도 5% 유의수준에서 유의한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다[16].

Fig.3은 번수별로 편심량에 대하여 편심만에 의한 부가불균제도(CV_E)의 값을 도표화한 결과로서 카드사 30's의 회귀선 기울기가 코머사 38's 및 P/C혼방사 45's의 경우에 비하여 크다. 이것은 정방 main draft 영역에서 편심량의 증가에 따라 단섬유함량이 많은 카드사 30's가 가장 영향을 많이 받으며 코머사 38's, P/C혼방사 45's의 순으로 적게 영향을 받는다는 것을 의미한다.

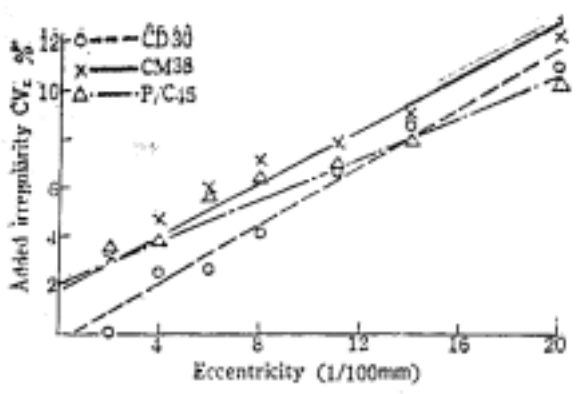


Fig. 3 added irregularity vs. eccentricity

그러나 편심량이 적은 범위(4/100mm 이하)에서는 부가불균제도는 단면섬유올수가 적은 세번수사에 크게 영향을 미치며 점차 편심량이 커지면서 적은 경우에 영향을 미쳤던 단면섬유올수의 영향보다 단섬유함량이 더 크게 작용되는 것으로 생각된다.

Fig. 4는 편심량의 증가에 따른 번수별 단사강도의 강력감소율을 나타낸 것으로 카드사 30's가 가장 심하고 P/C 혼방사 45's가 가장 적은 것을 알 수 있는데 이것은 각 품종이 가지고 있는 특성때문인 것으로 생각 된다.

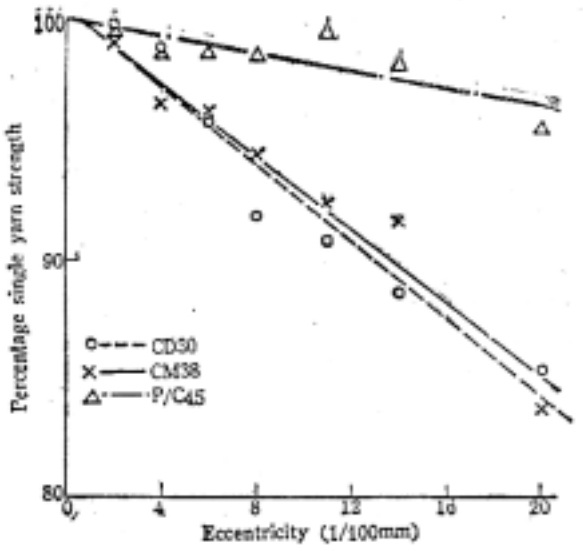


Fig. 4 Percentage single yarn strength against roller eccentricity

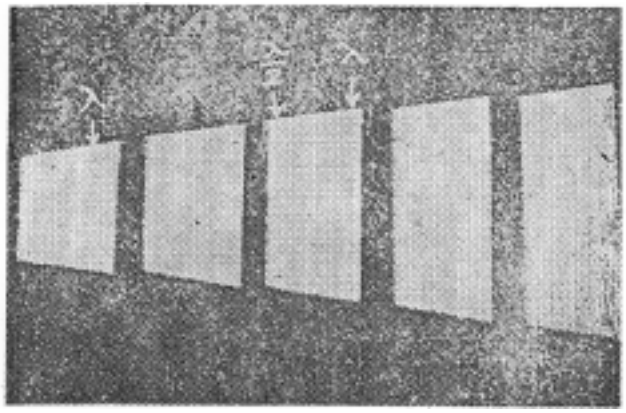


Fig. 5 사조판에 의한 주기불균제도의 검출

Fig. 5는 편심량이 8/100mm일 때 방출한 코머사 38's를 Fig. 1과 같은 규격

의 사조판에 감은 것으로 λ를 계산한 결과 약 87mm의 주기장으로 $\frac{\lambda}{2}$는 약 45mm의 주기장으로 나타났으며 front top roller의 직경이 28mm이므로 이 roller의 원주길이 및 원주길이의 $\frac{1}{2}$에 해당하는 주기장을 갖는 결과를 얻었으며 이는 spectrogram에 나타나는 결과와 일치하였다.

Ⅳ-2. Top roller cot의 경도

top roller cot의 경도변화는 전체불균제도(U%)에 매우 유의한 영향을 미치고 있으며(유의수준 1%에서 유의) 이 관계를 그래프로 나타내면 Fig. 6과 같다.

Fig. 6을 보면 top roller가 일정압력(13kg)일 때 cot의 경도가 낮을수록 실의 균제도가 좋아짐을 알 수 있다. 이는 일정 압력하에서 cot의 경도가 낮을수록 섬유의 파지폭이 넓어져서 free gauge가 좁아짐에 따라 보다 균제한 실을 방출할 수 있게 된 결과[12]로 판단된다.

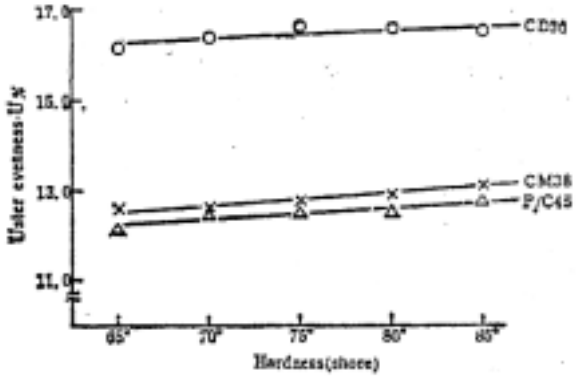


Fig. 6 Cot hardness vs. yarn irregularity U%

또한 경도 각 수준간의 불균제도의 유의차를 알기 위하여 평균치에 대한 검정(T-test)을 하여 본 결과 cot의 경도가 5°변화할 때 실의 불균제도에는 통

계적으로 유의한 영향을 미치지 않았으나 경도차가 10°이상일 때는 실의 불균제도에 유의한 차가 나타남을 알 수 있다[17].

Ⅳ-3. 드래프트 배분과 텐서 오프닝

Fig. 7은 일정한 tensor opening에서 break draft의 변화에 따르는 실의 불균제도를 나타낸 것으로 카드사 30's 및 코머사 38's는 break draft가 1.38일 때 가장 낮은 U% 값을 가지며 1.65이상으로 커지거나 1.21로 작아짐에 따라 실의 불균제도는 급격한 증가를 이루고 있다.

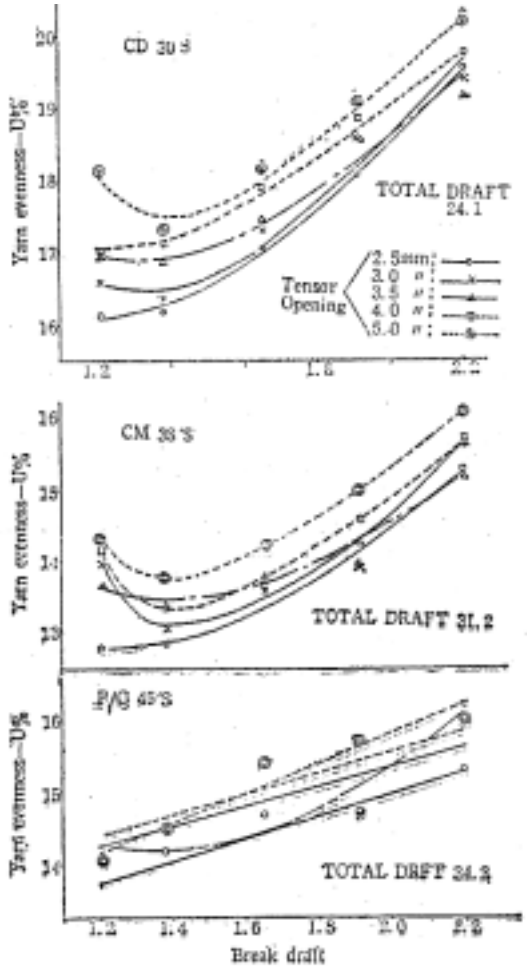


Fig. 7 Relationship between yarn evenness and break draft
at various constant tensor opening

이는 break draft 1.38일 때를 제외하고 back draft 영역과 main draft 영역에서의 draft량이 균형을 이루지 못하여 섬유의 제어가 불충분해짐이 그 원인으로 해석된다[13].

한편 P/C혼방사 45's는 break draft가 1.21일 때 가장 낮은 불균제도 값을 보이고 있으며 break draft가 증가됨에 따라 실의 불균제도도 증가하는데 이는 P/C 45's의 섬유장이 타품종의 경우보다 길고 polyester의 정마찰계수가 높으므로[14] main draft량이 커도 섬유의 제어가 가능하게 되어 break draft가 낮을수록 비교적 균제한 실이 방출된다.

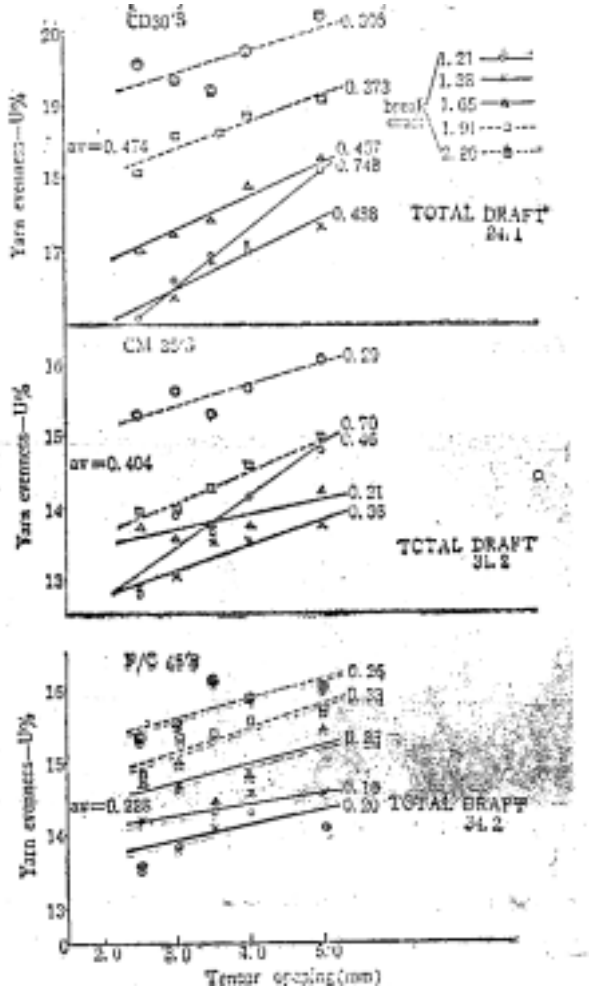


Fig. 8 Relationship between yarn evenness and tensor opening at various constant break draft

Fig.8은 일정한 break draft에서 tensor opening과 실의 불균데도와의 관계를 나타낸 것으로 전반적으로 tensor opening의 증가에 따라 실의 불균제도는 증가하고 있으며 그 증가율은 단섬유함량이 많은 카드사 30's가 가장 높고 P/C 혼방사 45's가 가장 낮음을 알 수 있는데 이는 apron uddur에서 발생되는 부유섬유의 제어불충분으로 기인된다고 해석된다[13].

Fig. 9 및 Fig. 10은 break draft와 tensor opening의 변경에 따르는 단주기 부가불균제도(△CV%)의 변화를 나타낸 것으로 전품종 공히 break draft가 증가할수록 단주기 불균제도는 감소하는데 이는 main draft 영역에서 draft비가 감소되기 때문인 것으로 해석된다[15]. 또 tensor opening이 증가할수록 단주기 불균제도가 증가되는데 이것은 main draft 영역에서 섬유의 제어가 불량해지기 때문인 것으로 판단된다.

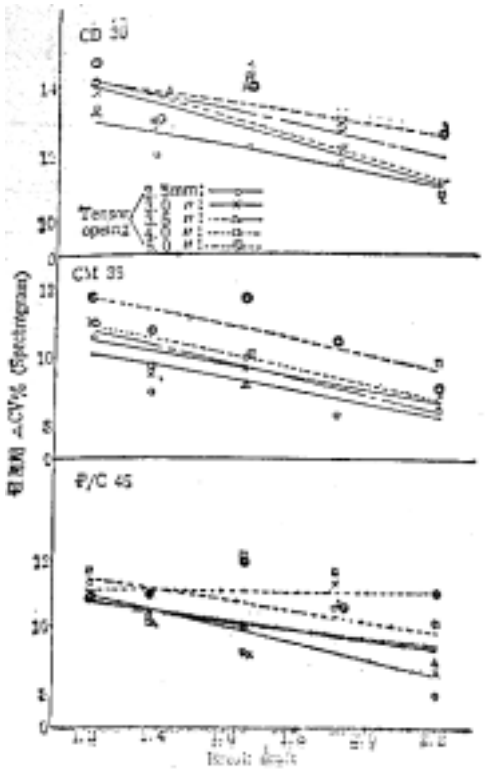


Fig. 9 Relationship between short-term added irregularity and break draft at various constant tensor opening

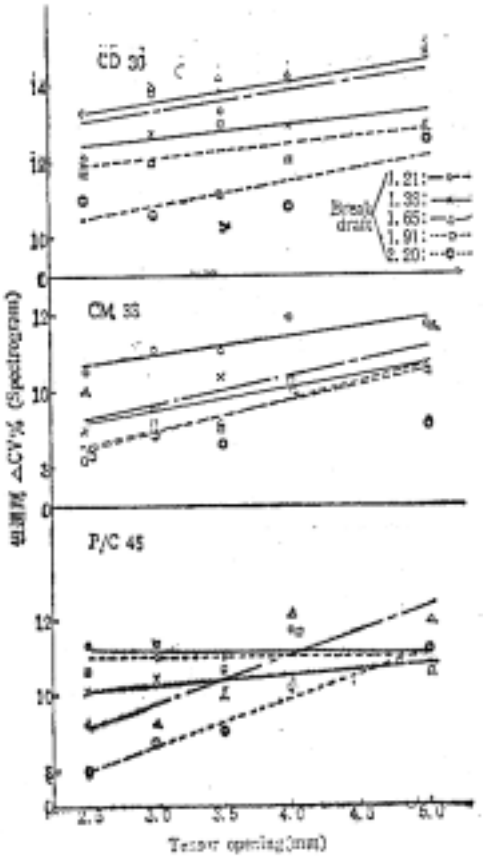


Fig. 10 Relationship between short-term added irregularity
and tensor opening at various constant break draft

Fig. 11 및 Fig. 12는 장주기 부가불균제도(△CV%)에 관한 것으로 전품종 공히 break draft의 증가에 따라 장주기 부가불균제도가 급격히 증가하였으며 그 증가율은 카드사 30's가 가장 크고(평균 기울기 9.67), 코머사 38's(평균 기울기 6.07), P/C혼방사 45's(평균기울기 4.33)의 순으로 완만하여지는데 이는 카드사 30's가 단섬유함량이 가장 많기 때문에 back draft영역에서 부적정한 draft로 인하여 drafting wave를 가장 많이 발생시키기 때문인 것으로 해석된다. 그리고 전품종 공히 tensor opening의 증가에 따라서는 뚜렷한 증가 또는 감소가 보이지 않는다.

Fig. 13~ Fig. 16은 break draft와 tensor opening의 변경에 따르는 실의 thin

places와 thick places의 개수를 각각 나타낸 것으로 카드사 30's 및 코머사 38's는 break draft가 1.38일 때 가장 낮은 값을 보이고 1.21로 작아지거나 1.65로 커짐에 따라 증가되었으며 P/C혼방사 45's는 break draft가 1.21일 때 가장 낮은 값을 보이고 break draft의 증가에 따라 증가되었다.

Fig. 17 및 18은 break draft와 tensor opening의 변화에 따른 단사강력의 변화를 나타낸 것으로 단사강력은 전품종 공히 뚜렷한 증가 또는 감소가 없었다.

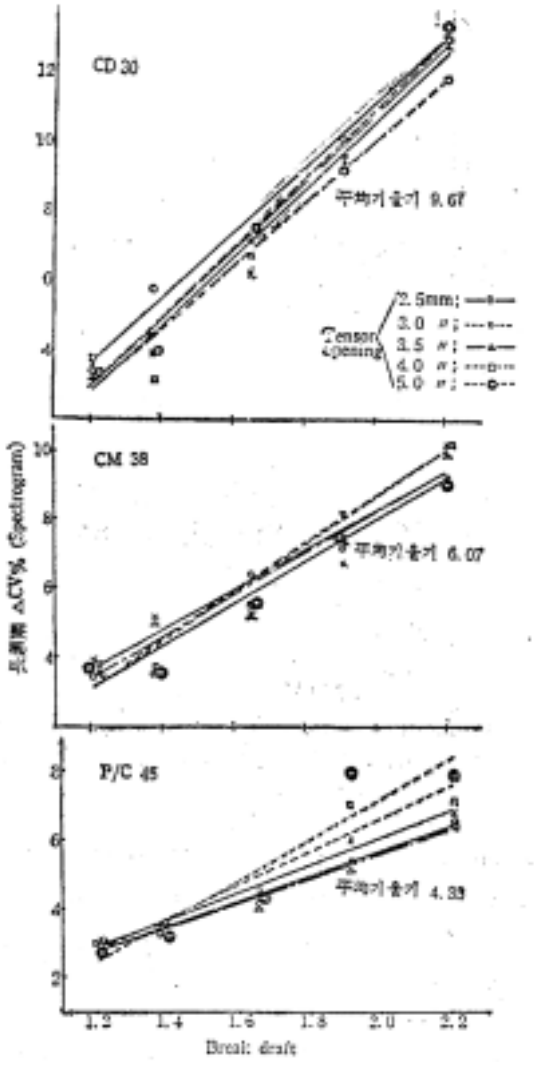


Fig. 11 Relationship between long-term added irregularity and break draft at various constant tensor opening

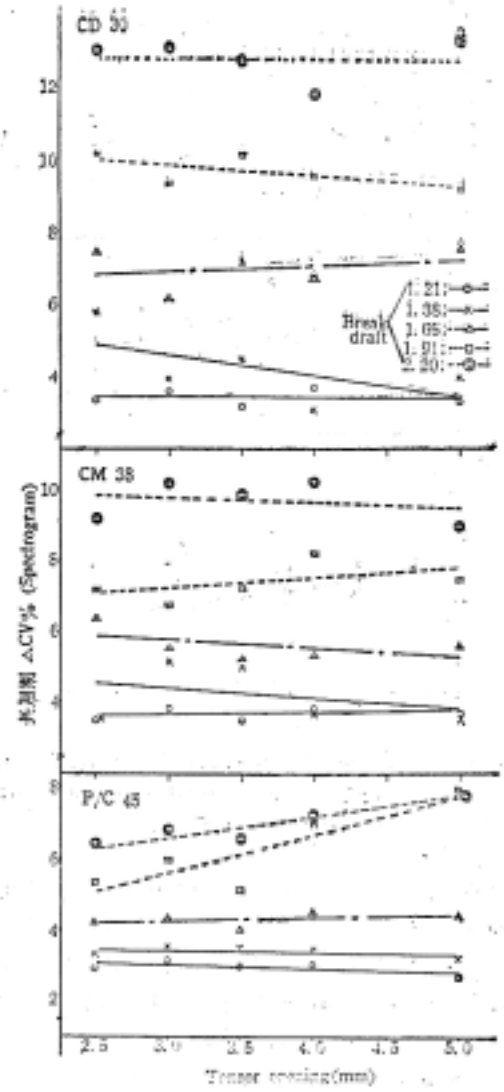
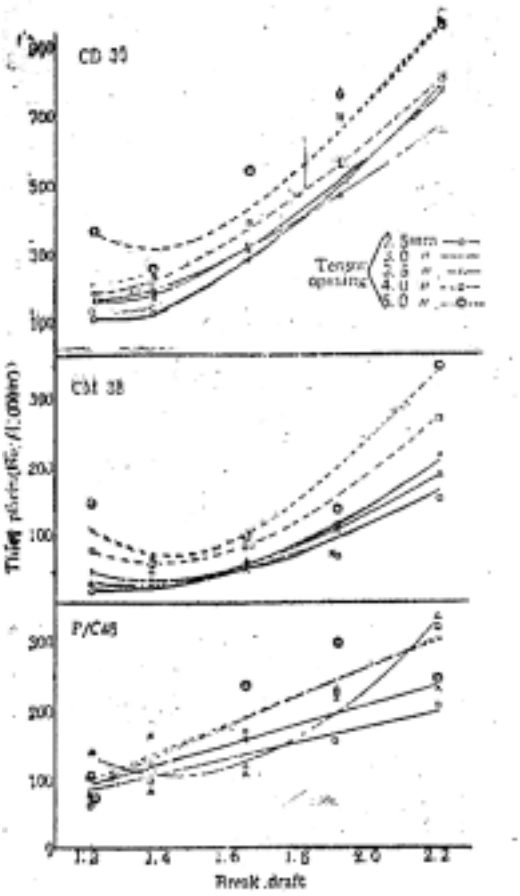


Fig. 12 Relationship between long-term added irregularity and tensor opening at various constant break draft

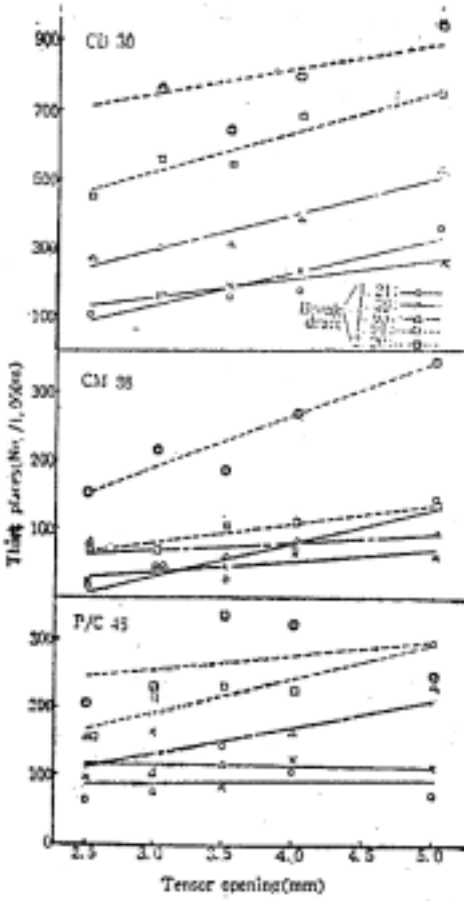
Ⅳ-4. 톱 롤러 압력의 영향

Fig. 19는 톱 롤러 압력이 부가불균제도에 미치는 영향을 나타낸 것으로 front-middle-back의 top roller weighting이 10-10-10(kg)에서 13-12-13(kg)과 16-12-14(kg)로 증가함에 따라 카드사 30's에서는 단주기 및 전체 부가불균제도가 감소했으나 코머사 38's와 P/C혼방사 45's에서는 이와 상반된 결과를 보였다. 카드사 30's의 경우 압력이 10-10-10(kg)에서 13-12-13(kg)으로 증가할 때

상당한 부가불균제도의 감소를 보이는데 이것은 비교적 단섬유함유량이 많은 조사에 가해지는 압력이 증가되어 정확한 파지를 할 수 있어 섬유의 제어가 확실해지는 결과로 해석된다.



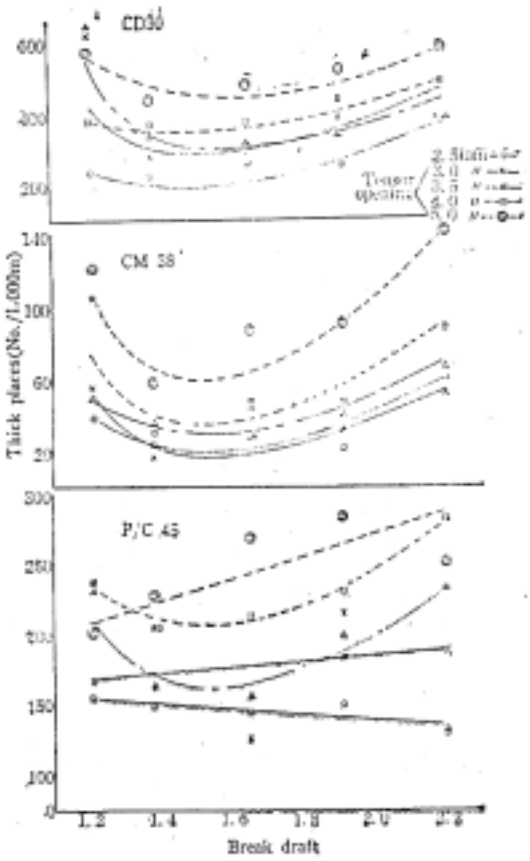
<Fig. 13>Relationship between thin places and break draft at various constant tensor opening



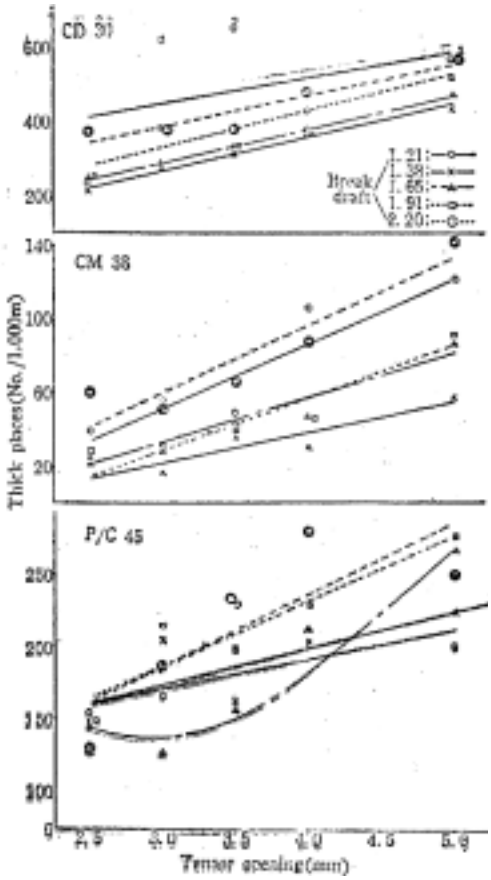
<Fig. 14>Relationship between thin places and tensor opening at various constant break draft

그러나 코머사 38's와 P/C혼방사 45's는 이 두 수준의 압력차이로 인한 부가불균제도의 변화에 유의한 영향이 나타나지 않으며 10kg의 압력으로도 충분히 양호한 draft가 이루어지는 결과로 판단된다. 다만 코머사 38's와 P/C혼방사 45's의 부가불균제도가 13-12-13(kg)의 압력으로 16-12-14(kg)으로 증가됨에 따라 급격히 증가되는 것은 기대하지 않았던 결과로서 Balasubramanian[7]이

지적한 바와 같이 이것은 과도한 압력으로 인한 cot의 변형 등과 같은 요인이 주로 작용되었을 것으로 판단된다.



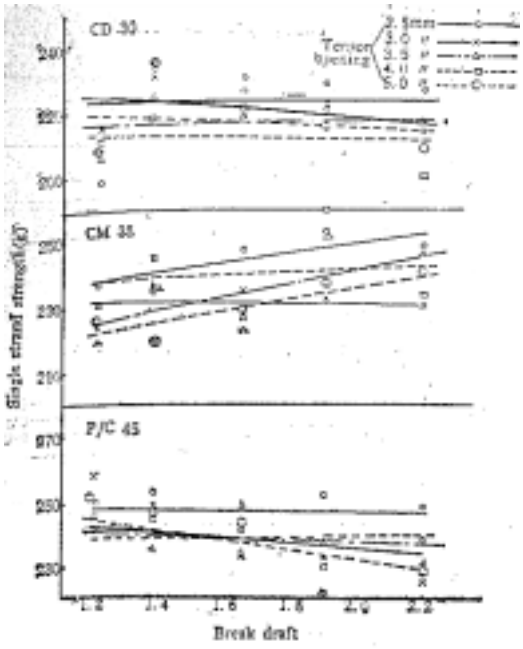
<Fig. 15>Relationship between thick places and break draft at various constant tensor opening



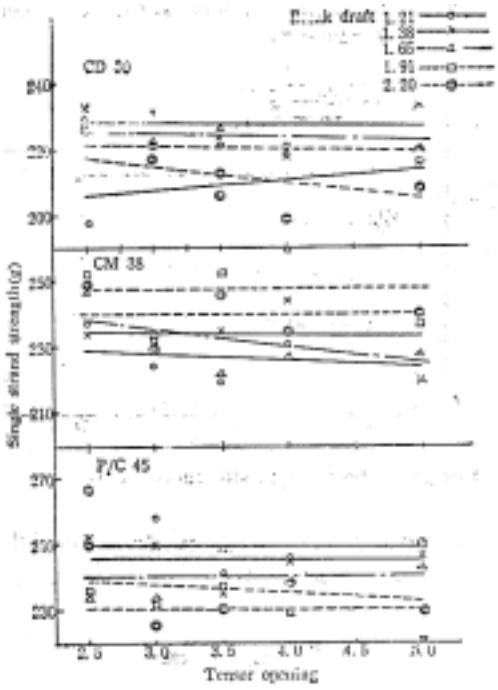
<Fig. 16>Relationship between thick place tensor opening at various constant break draft

Fig. 20~Fig. 22는 top roller weighting의 변경조건이 사품질 중 U%, 리이강력(lea C.S.P) 및 단사신도에 미치는 영향을 나타낸 것으로 이 시험결과들에 대한 통계적 유의성을 분석하기 위하여 분삼분석을 행한 결과 카드사 30's의 경우 U%는 5% 유의수준에서 유의한 차이를 보이고 있으나 코머사 38's 및 P/C 혼방사 45's에서는 유의한 차이가 보이지 않았다. 리이강력(lea C.S.P)에 대한 영향은 코머사 38's와 카드사 30's의 면사에서 같은 경향으로 압력의 증

가에 따라 강력이 점증하는 현상을 보이며 5% 유의수준에서 유의한 차이가 나타났다. 그러나 P/C 혼방사 45's의 경우는 유의한 차이가 보이지 않는바 이것은 U%의 증가가 유의하지 않았으며 또한 강력저하로 유의한 차이를 보이지 않은 것과 같은 현상이라고 볼 수 있다.



<Fig. 17>Relationship between single strand strength and break draft at various constant tensor opening



<Fig. 18> Relationship between single strand strength and tensor opening at various constant break draft

신도에 대한 영향은 P/C 혼방사 45's의 경우만 top roller weighting이 증가함에 따라 신도가 증가하는 경향을 보였으며 카드사 30's와 코머사 38's는 뚜렷한 변화를 보이지 않았다.

Ⅳ-5. Drafting speed의 영향

일반적으로 drafting speed의 증가, 즉 spindle speed의 증가는 불균제도의 증

가를 초래하는 것이지만 Fig. 23에 보이는 바와 같이 사품종에 따라 부가불균제도의 변화에 차이가 발생함을 알 수 있다. 카드사 30's는 원료자체의 불균일 등으로 실험한 결과에 높은 변동을 보이고 있고 P/C 혼방사 45's에서는 코머사 38's에 비하여 단주기 및 전체부가불균제도에 미치는 영향이 증가하고 있는데 이것은 P/C 혼방사 45's의 보다 큰 draft(코머사 38's는 23, P/C 혼방사 45's는 25)와 polyester 섬유와 면섬유의 마찰력 차이로 인하여 생기는 것으로 판단된다.

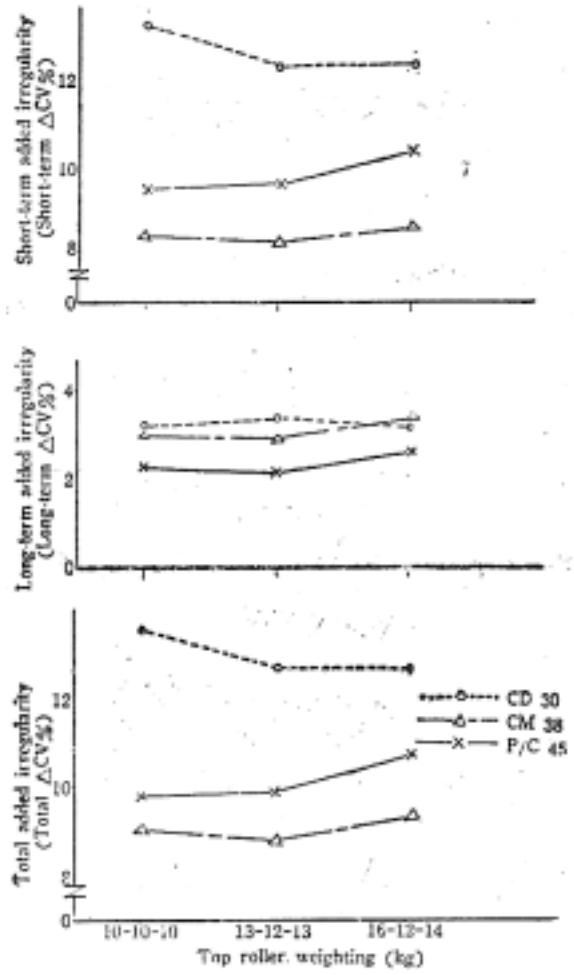


Fig. 19 Effect of top roller weighting on added irregularity

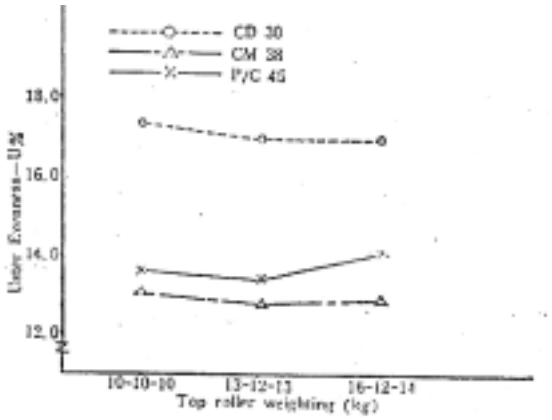


Fig. 20 Effect of top roller weighting on U%

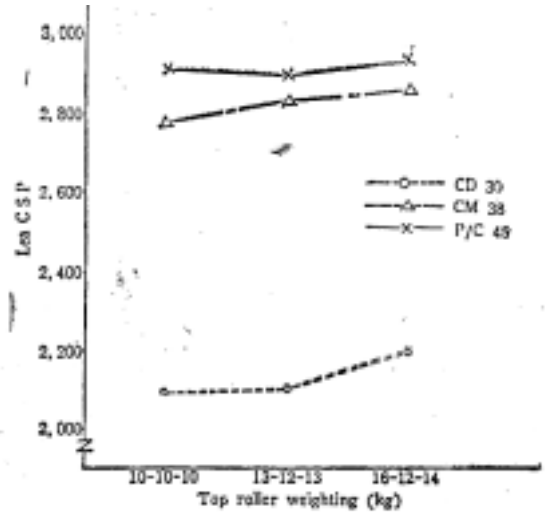


Fig. 21 Effect of top roller weighting on lea C.S.P.

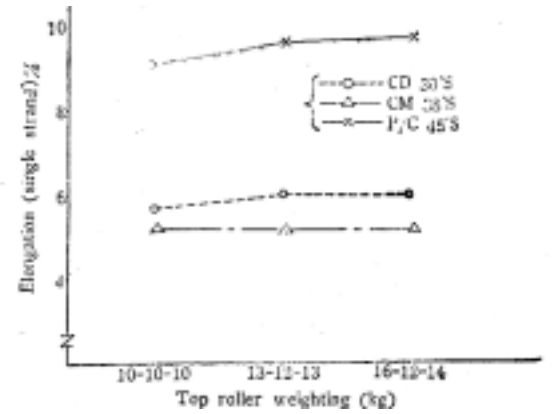


Fig. 22 Effect of top roller weighting on single yarn extension

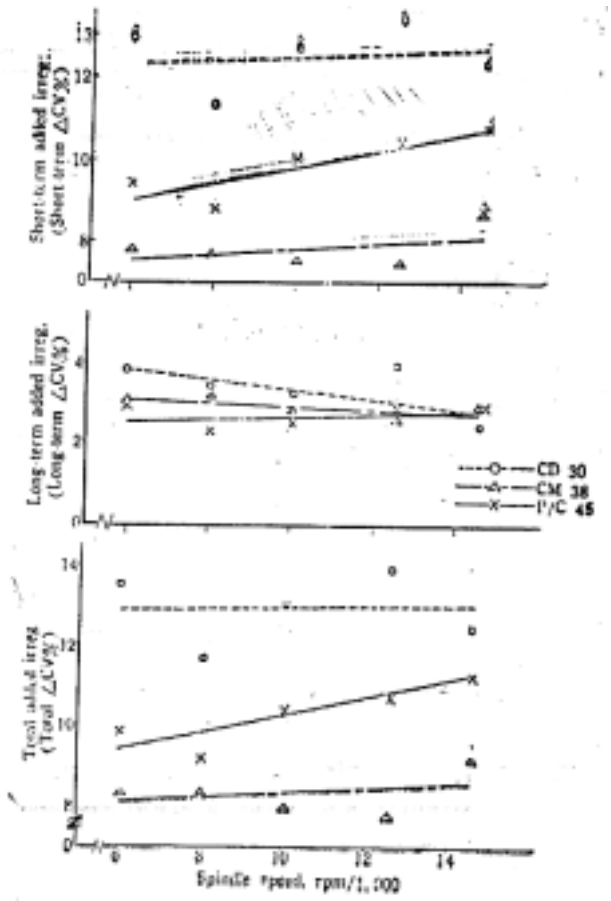


Fig. 23 Effect of spindle speed on added irregularity

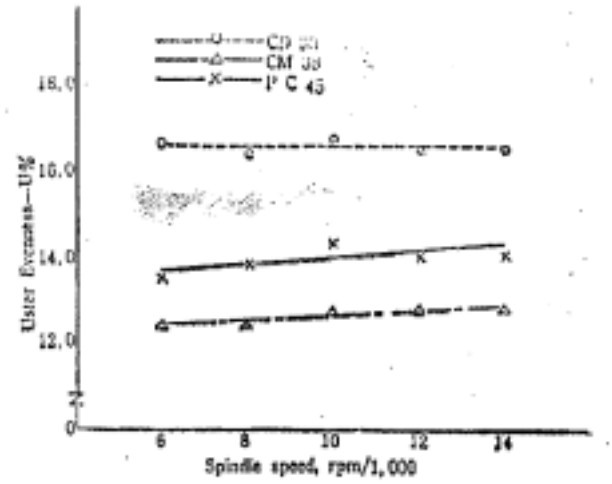


Fig. 24 Effect of spindle speed on U%

spindle speed의 변경에 따르는 사품질 시험결과를 Fig. 24~Fig 26과 같으며 spindle 회전수가 6,000r.p.m.에서 14,500r.p.m.까지 증가함에 따라 카드사 30's의 U%에는 변화가 없으나 코머사 38's 및 P/C 혼방사 45's의 U%는 직선적으로 증가하는데 이것은 부가불균제도에서 나타나는 경향과 유사하다. Spindle speed가 증가함에 따라 실의 강력에 미치는 영향으로서는 drafting force의 증가에 의한 어느 한도까지의 사강력 증가현상[9]과 balloon에서의 보다 강한 tension이 실의 신도를 감소시켜 어느 한도이상의 신도 감소는 실의 강력을 저하시키는 현상이 나타나게 된다. Spindle 회전수가 6,000r.p.m.에서 8,000r.p.m.으로 증가함에 따라 (P/C 혼방사 45's는 6,000r.p.m.에서 10,000r.p.m.으로) 실의 강력의 증가했으나 그 이상의 spindle 회전수 증가에서는 실의 강력감소현상이 나타났다(Fig. 25).

단사신도는 Fig. 26에서 보는 바와 같이 spindle speed 증가에 따라 spinning tension의 증가에 주도되어 계속 감소현상을 보이는데 6,000r.p.m.~10,000r.p.m.의 낮은 spindle speed에서 코머사 38's의 신도는 순화된 경향을 보인다.

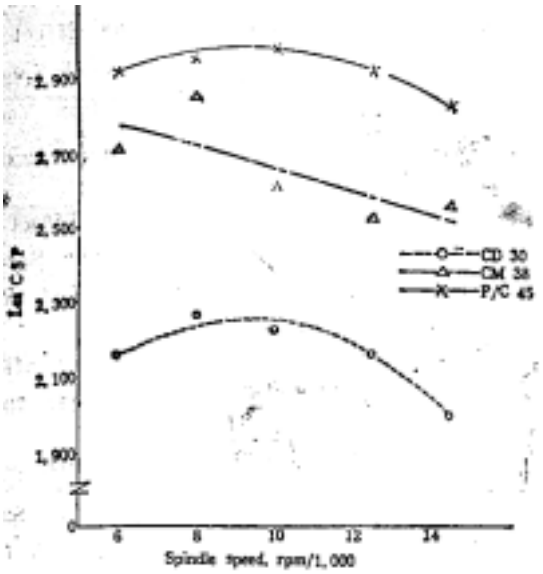


Fig. 25 Effect of spindle speed on lea C.S.P

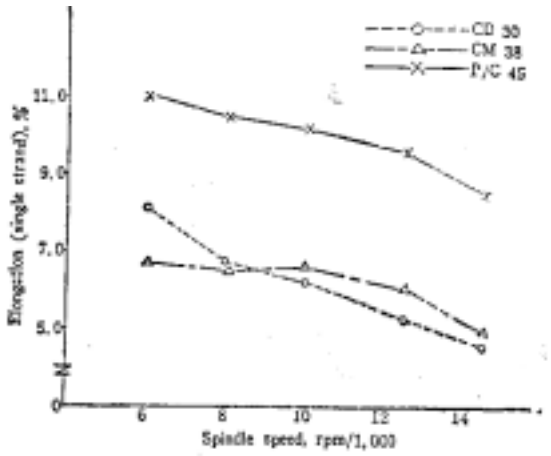


Fig. 26 Effect of spindle speed on single yarn extension

Ⅴ. 결 론

이상의 결과 및 고찰에서부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 편심 roller는 방적사의 불균제도에 매우 유의한 영향을 미치며(유의수준 1%에서 유의) 통계적으로 알아본 결과 카드사 30's의 경우 편심이 6/100mm 이하, 코머사 38's의 경우 2/100mm이하 그리고 P/C혼방사 45's의 경우는 2/100mm 미만에서 불균제도에 변화를 일으키지 않으므로 일반적으로 모든 front top roller의 편심은 2/100mm 미만으로 조절하는 것이 바람직하다.

2. 편심량 증가에 따라 발생되는 부가불균제도(CV_E)는 편심량이 적은 범위에서는 세사에서 높은 값을 가지나 편심량이 많은 범위에서는 단섬유함유량이 많은 태사쪽이 더욱 높은 부가불균제도를 가지게 된다.

3. 편심 roller로 발생되는 불균제도는 주기성을 띄고 그 주기 길이는 front top roller의 원주 및 이 원주의 반과 같다.

4. 편심량 증가에 따라서 모든 방적사의 강력은 저하되며 카드사 30's가 가장 큰 강력감소율을 나타내었다.

5. 정방기 front top roller의 압력이 13kg일 때 roller cot의 경도가 65°이면 가

장 균제한 실을 방출할 수 있다.

6. roller cot경도의 차이가 10°이상인 경우에는 통계적으로 볼 때 분균제도에 유의한 영향을 미친다.

7. break draft의 변경은 전품종에 걸쳐 불균제도(U%)에 매우 유의한 영향을 미치며(유의수준 1%에서 유의) 카드사 30's와 코머사 38's는 break draft가 1.38일 때 가장 낮은 U% 값을 나타내고 1.21일 때와 1.65이상일 때는 증가되었다. P/C혼방사 45's는 1.21일 때 가장 낮은 U% 값을 나타내며 break draft가 증가함에 따라 U%의 증가를 보였다.

8. tensor opening의 증가에 따라 실의 불균제도(U%)는 전품종 공히 증가되었으며 그 증가율은 break draft가 적을 때 즉 main draft의 양이 많을 때 가장 컸다.

9. break draft와 tensor opening은 전품종 공히 단주기 부가불균제도에 매우 유의한 영향을 미치며(유의수준 1%에서 유의) break draft가 증가할수록 단주기 부가불균제도는 감소하고 tensor opening이 증가할수록 증가되었다.

10. break draft의 증가에 따라 장주기 부가불균제도는 증가되었으며 그 증가율은 카드사 30's가 가장 크고 코머사 38's, P/C혼방사 45's의 순으로 완만하여졌으며 tensor opening의 증가에 따라서는 뚜렷한 증감을 보이지 않았다.

11. top roller weighting의 변화에 따르는 단주기 및 전체부가불균제도, 그리고 U%의 값은 카드사 30's는 16-12-14(kg)에서 코머사 38's와 P/C혼방사 45's는 13-12-13(kg)에서 최소가 되며 실의 리이 강력은 전품종 공히 16-12-14(kg)에서 최고가 된다.

따라서 품종별 top roller weighting의 최적조건은 다음과 같이 판단된다.

카드사 30's : 16-12-14(kg)

코머사 38's 및 P/C혼방사 45's : 13-12-13(kg)

12. drafting speed의 증가에 따르는 단주기, 전체부가불균제도 및 U%의 값은 코머사 38's와 P/C혼방사 45's는 직선적으로 증가되었으며 카드사 30's뚜렷한 변화가 없었다. 실의 리이 강력은 카드사 30's는 뚜렷한 변화가 없었다. 실의 리이 강력은 카드사 30's와 코머사 38's는 8,000r.p.m.에서, P/C혼방사 45's 10,000r.p.m.에서 최고 값을 보이고 12,500r.p.m. 이상으로 증가됨에 따라 감소되었다. 그리고 단사신도는 전품종 공히 점차 감소되었다.