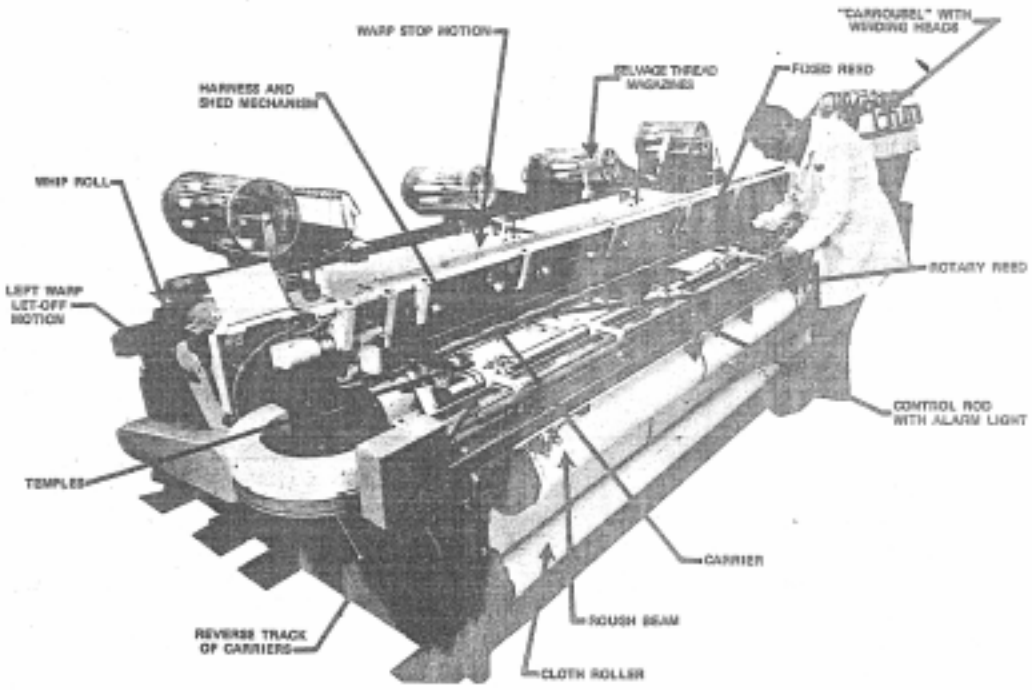
새로운 직기

- 다상다저직기 -

본고는 Textile Manufacturer 1974년 7월 호에 기재된 Czechoslovakia Cotton Research Institute의 Stanilislav Nosek 씨가 쓴 “CONTIS The multiphase, multiahutlle Icom”을 옮긴 것임.



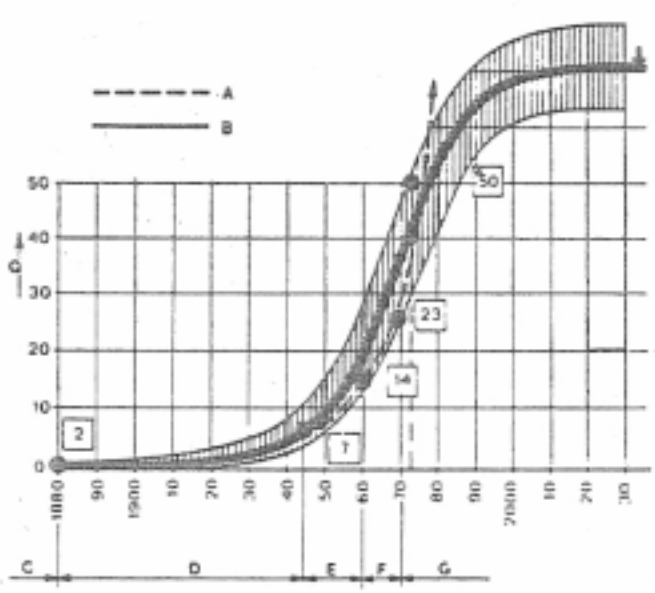
General view of the Contis loom, showing key elements.

여러 기술분야에 있어서 비약적인 발전이 거듭되고 있다. 이러한 사실은 섬유제품의 생산부문에서도 마찬가지이다. 지난 몇 년 동안 방적에서는 OE 방적의 도입으로 비약적인 발전을 했으며 이제는 제직부문이 발전할 단계이

다. 제직부문에서 기대되는 기술의 혁신은 다저제직방식(multi-shuttle weaving system)이다. 이 방식은 지금까지 위사를 한가닥씩 공급하던 것을 같은 시간에 여러 지점에서 동시에 여러가닥 공급하는 방식 즉 평행제직방식(parallel weaving)으로 바꾼 것이다. 한 기계내의 여러 지점에서 동시에 제직할 수 있는 원리에 의하여 생산량이 더 많다. 이를 테면 체코슬로바키아에서 개발한 다저직기 CONTIS의 생산량은 현재 재래식 기계의 2배가 된다.

여러가지 직기의 개발과정과 생산성 향상을 추적해 본다.

<그림 1>은 직기 생산성 향상의 양상을 보이는 것으로 직물 생산량을 시간당 제곱미터로 나타낸 것이다.

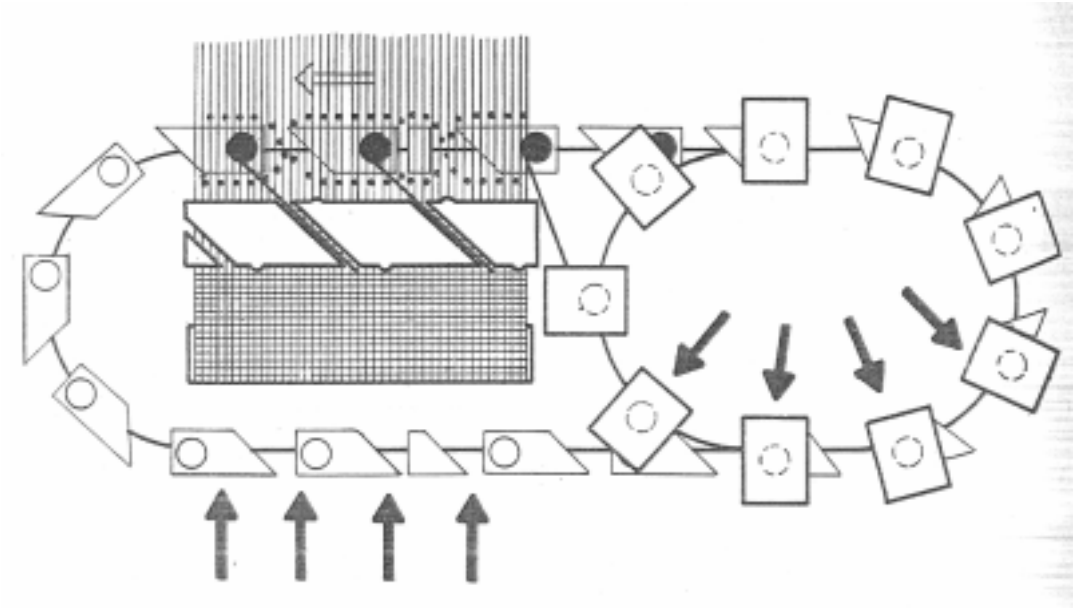


<그림 1> Weaving machine development from 1800 shown in production per hour in square meters. A - broken line show output increase in crsearch ; B - solid lind show output increase of installed machines; C- hand - looms; D-power looms; E - fluid jet looms; F - gripper looms; G ; multi shuttle looms, Q-square metres per hour

직기의 생산량은 크게 증가해왔다. 그러나 이러한 증가율은 비록 생산량을 증가시키기 위하여 여러가지 개량을 추진하고 있지만 다저직기를 따라갈 수

는 없다. 멀지 않아 다저직기의 생산량은 1973년에 비하여 거의 50% 더 증가되리라 믿어진다. 그러나 이것을 달성할 수 있는 때가 언제가 될 것인가 하는 문제가 생긴다. 이러한 문제의 해답을 얻기 위하여 수학적 개념을 도입한 로버트슨 법칙에 따라 서기 2000년까지의 직기 생산량증가에 대한 곡선을 구한 것이 <그림 1>에 보이는 것이다. 이 곡선에 나타난 바와 같이 2000년대 후의 어느 때에 가서는 직기 생산량은 한계에 달할 것이다. 1980년대까지의 10년간에 현재의 재래식 직기에 대한 연구에 발전이 있더라도 1973년에 비하여 별로 나아질 것이 없다.

따라서 앞으로 다저제직방식과 같이 직물 생산량에 필연적으로 영향을 미칠 수 있는 기법을 연구하는 것이 더욱 가치가 있을 것이다. 체코슬로바키아에서 제작한 다저직기는 섬유내의 여러 지점에서 동시제직이 가능한 직기다 <그림 2>.



<그림 2>

경사를 따라 여러 개의 개구파가 형성된다. 개구파마다 하나의 캐리어가 직물폭에 알맞은 위사길이를 운반하면서 움직인다. 위사준비로 인하여 직기 생산량이 제한을 받지 않도록 캐리어에 대한 위사공급은 직기폭에 비례하는 개수의 여러 개의 와인딩 헤드로부터 동시에 이루어진다. 직물 끝에 공급된 위사는 회전식 reed glider에 의하여 바디침을 받는다.

여러 지점에서 위사를 공급하는 다저직기의 이점은 분명하다.

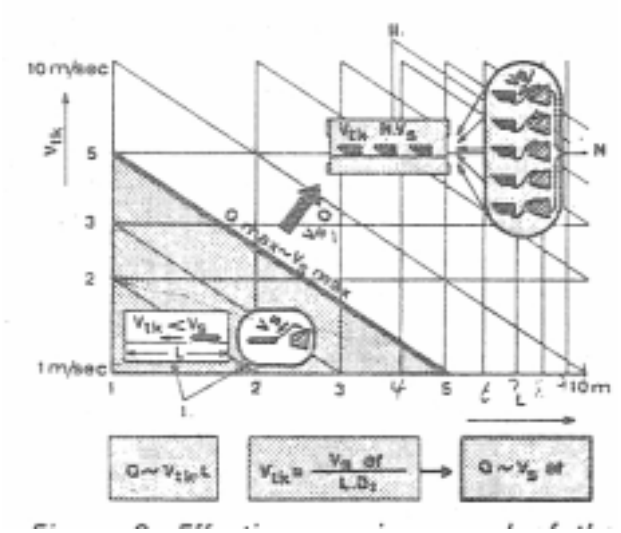
1. 무엇보다도 이 직기의 생산량은 이론적으로 무한히 크다. 생산량(Q)은 제직속도(Vtk)와 직기폭(L)의 적에 비례한다는 것은 모든 직기에 공통적으로 적용된다.

$Q \propto Vtk \cdot L$

일반적으로 북침속도는 제직폭이 증가하면 감소한다. 제직속도(Vtk)는 평균 위사공급속도와 일치하는 것으로 이것은 북침속도의 한계에 의하여 제한을 받는다. 비록 여러 개의 캐리어를 사용하여 위사를 동시에 위입하더라도 위사공급속도가 제한을 받는다면 제직속도를 효과적으로 상승시킬 수 없다. 따라서 이러한 제한요인을 제거시키기 위하여 여러 개의 권취부(winding unit)에서 위권을 행함으로써 제직속도의 감소없이 제직폭을 넓힐 수 있게 되었다. <그림 3>

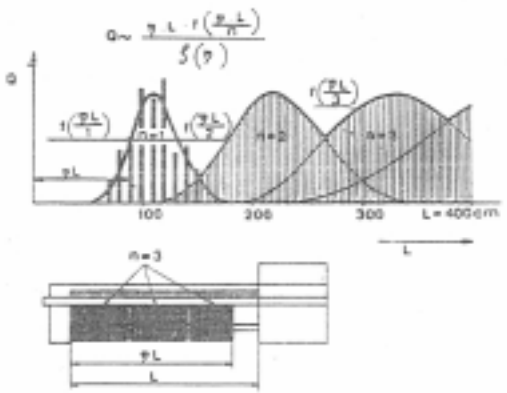
따라서 다저직기의 제직폭은 기술적인 문제가 아닌 경제적 문제로서 일정한 범위를 넘어가지 못한다. 이러한 문제의 하나로서 제직폭 L의 최적효율을 내기 위하여 η개의 직물을 서로서로 조합하는 중요한 문제가 있다. <그림 4>

<그림 3>의 관계에 따라 생산량 Q는 유효기계폭 η.L에 비례한다. (단, η는 바디폭효율 : 그림 4 참조)



<그림 3> Effective weaving speed of the Contis loom.

L-read width of the loom; Vtk-effective weaving speed; Ⅰ-feeding from point 1; Ⅱ-feeding from positions N. For feeding the weft from one position-output zone 1 - ouput is limited by the value Q max which is proportional to the maximum weft feeding speed Vs. For feeding from multiple positions the effective rate of feed is increased by the number of weaving position, and output Q is not limited

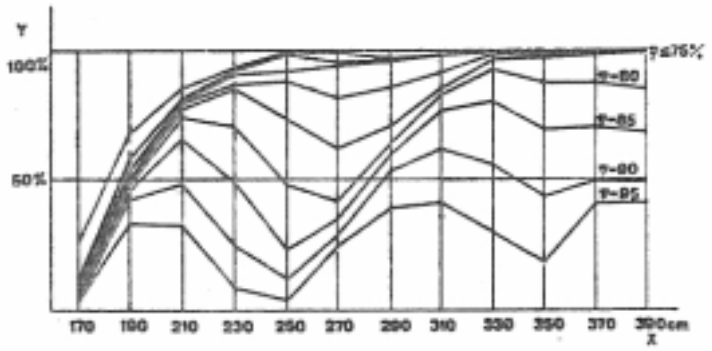


<그림 4> Production Volume Q with n fabrics next to each other and with an efficiency of η%.

L - reed width; Q-output F-width, n fabrics next to each other $(\frac{\eta - L}{n})$ frequency of fabric width $(\frac{\eta L}{n})$ revealing a diminishing compatibility when a higher reed width η efficiency is required; η-L is total fabric width.

보다 높은 기계효율을 얻기 위하여 위사밀도는 같으나 경사밀도가 상이한 직물들의 폭을 적절하게 조정하여 조합하는 것도 어려운 것이다. 기계생산성은 기계폭을 증가시킴에 따라 파상으로 변동하며 폭에 따라 증가하는 경향을 가진다. 면직물을 대상으로 실에 조사한 결과를 <그림 5>에 상세히 보이고 있다. 기계폭을 적절히하여 최대의 기계생산성을 얻을 수 있는 최적직물폭수가 산출될 수 있다.

Lopt. = 110, 220, 330, ·····, n×110cm



<그림 5> Q-production output increase with reed width L and reed width efficiency as η. X-reed width; Y-output.

2. 직기폭과 제직속도를 증가시켜 직기생산량을 향상시키기 위하여서는 직기상에서 실의 장력을 감소시켜야만 한다. 이렇게 함으로써 사절에 의한 정대율을 감소시킬 수 있다. 개구, 유사공급, 위사넣기와 바디침과 같은 구분된 기본운동을 동시에 처리하면 직기 “원리”를 전부 바꾼다. 따라서 이들 운동 각각에 대하여 최대조건을 찾는다는 것은 무의미하고 불필요한 일이다.

캐리어에 위사를 권취하는 속도 Vs = 300m/min까지 가능하며(보통 위권기에 비교할 때 약 1/4~1/6의 속도) 위입속도(Vtk)는 2m/sec로 일정하다.

(체코슬로바키아 기계는 2.4m/sec까지 가능) 재래식 기계에서 북침속도는

40m/sec까지 이르고 있다.

재래식 기계의 바디침 압력은 직물폭 1m에 대하여 500kp정도로서 충격이 매우 큰데 비하여 체코슬로바키아의 다저직기는 직물폭 1m에 대하여 총압력이 5kp에 불과하다. 이와 같은 각 종 특성들을 재래식 직기와 Contis직기를 서로 비교하여 <표 1>에 보이고 있다.

<표 1> Comparison between Contis and classical loom production parameters

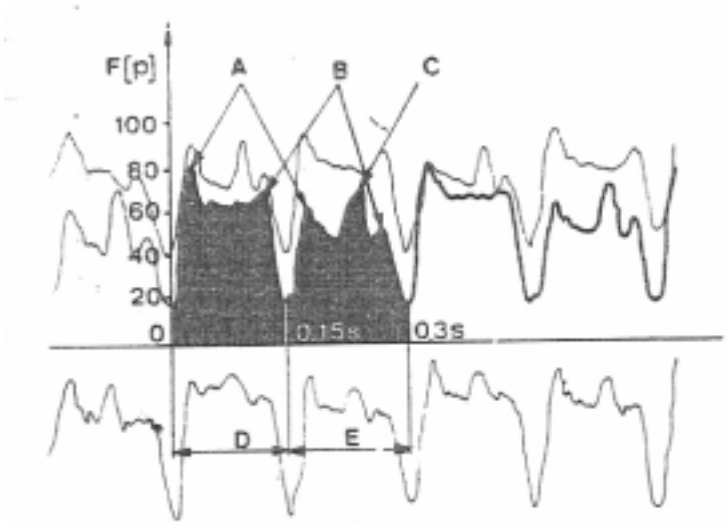
	Classical loom	Contis
vtk	40m/sec	2.4m/sec.
f	250picks/min	720picks/min.
Q	850.weft/min	2,300m.weft/min.
(L)	(330cm. width)	(330cm. Width)
P	500kp/m.width	5kp/min, width

3. 체코슬로바키아의 다상직기는 바디침압력을 시간적으로 분산시키는 것에서도 재래식직기와 다르다. 이것은 바디침이 일어나는 과정(위사가 경사에 접촉할 때 발생하는 마찰 그리고 시간에 대한 실의 적응성 즉 개구부분에서는 바디침속도를 빠르게 하고 clothfell 부분에서는 느리게 하는 것 등)에 대하여 이론적으로 깊이 분석하여 이룩한 것이다. 바디침이 일어날 때 바디침 force나 work뿐만 아니라 바디침 force의 충격도 마찬가지로 어떤 위사밀도의 제직성에 결정적인 영향을 미친다.

위사밀도 ∞ 바디침 force×바디침시간

거의 제직주기 전체에 걸쳐 바디침을 행하는 것은 이와 같은 까닭에 의한 것으로 이것으로 인하여 실제의 바디침압력이 직물표며넹서 경사와위사가

균형있게 교차하도록 하는 압력수준을 초과하지 않게 된다. <그림 6>에 이것을 보인다. (재래식 직기는 바디침의 최대압력이 기본 장력의 1.5~4배 달하므로 경사가 과도한 충격으로 장력을 받게 된다.)

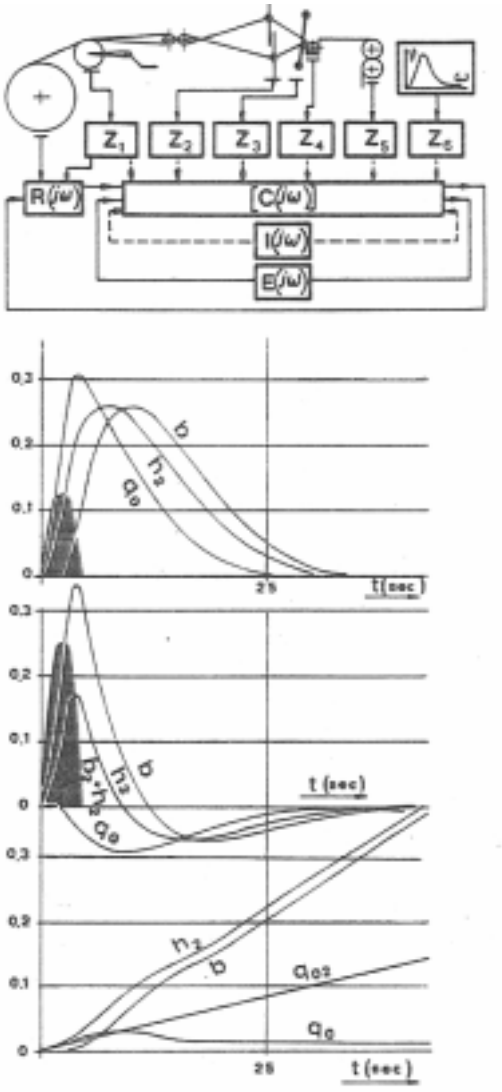


<그림 6> Timing of beating-up pressure on the Contis loom.

A-shed opening; B - first beat-up; C - guiding pulley move; D-top shed; E - bottom shed.

Constis 직기의 이론적인 부분은 개발의 중추를 이루었다. 처음부터 재래식 제직 및 단순 바디침과는 다른 방향으로 연구한 것 같다. 구식 제직법을 개선하여 보편화시키고 그 중 일부에 대하여서는 새로운 개념을 찾는 것이 필요했었다. 제직공정의 지식과 이에 대한 정확한 수학적 개념은 다저직기 제직기술연구의 중요한 부산물이다. 고속직기에는 외부적인 작용력이 영향을 미치며 경사선출장치나 템플과 같은 기구가 여기에 견딜 수 없다. 따라서 소위 말하는 직물자동조절능력(fabric autoregulation ability)이 도입되어야 하며 제직공정 그 자체가 어떤 자동조절작용으로 고려될 수 있어야 한다. (그림 7 에 회로에 의하여 상징적으로 모델화한 것을 보인다.)따라서 이러한 직물조절성

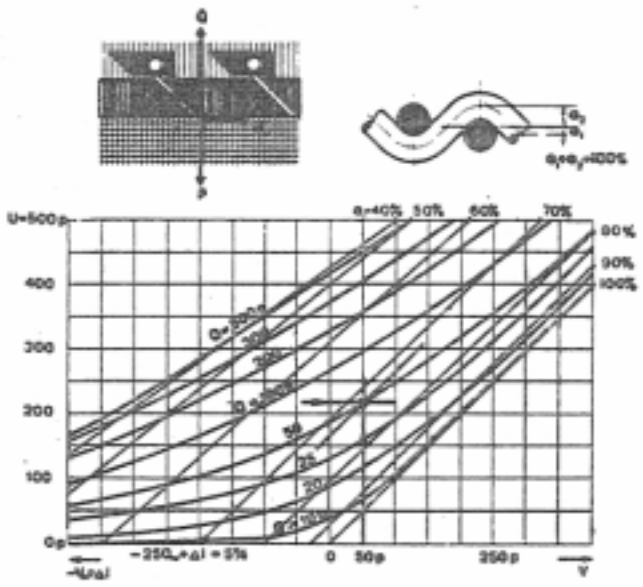
능에 정통하여 이것은 기계 디자인에 응용하게 되었다.



<그림 7> weaving process showing the sequence of autoregulation.

Cloth fell에 위사가 위치한 직후에 점진적인 바디침이 일어난다는 점에서 직물의 재래식직기로 제직한 것보다 나아질까 어떨까 하는 것이 문제가 된다. 이에 대한 해답은 실의 교차 balance에 대한 연구에 의하여 얻어진다. 경위사 양쪽 조직의 weaving ratio와 이에 따른 경위사 수축율은 여러가지 직물 품질지수에 영향을 미친다. 여기서 weaving은 직물의 결속부분에 있어서 힘

의 균형에 의하여 주어진다. 이러한 힘의 비율이 변하면 경위사 양쪽의 waving의 비율도 어느 정도 변하게 된다. 경사 waviness가 100%인 때 (즉 e_1 = 100%)를 생각하면 경사가 완전히 퍼져있을 때 위사의 waviness e_2 = 0이 된다. <그림 8>은 직물의 균형이론에 의하여 얻어진 결과의 한 예를 보이고 있다. 이것은 제직시 발생하는 경사의 waviness(e_1)와 위사장력(u)을 알아낼 수 있는 nomogram으로서 경사의 기본장력(Q)과 다저직기의 cloth fell상에 위사가 들어갔을 때 위사에 걸리는 장력(weft deposting tension, V)이 주어지면 된다. (재래식직기에서는 위사장력은 거의 0이 되며 다만 수축에 의하여 장력이 걸리게 된다.) 다저지기에서 위사장력은 제어 가능하다.



<그림 8> Nomogram of fabric balance theory. Inputs are : warp tension Q(p):weft depositing tension V(p) or overfeeding $+\Delta$; and output are;weft tension after being woven-in U(p) ; warp woaving e %.

<그림 8>의 nomogram에서 경사의 waving 변화가 70%에서 65%로 또는 반대로 75%로 변할 때 경사의 기본장력은 두배로 증가하거나 반으로 줄어든다

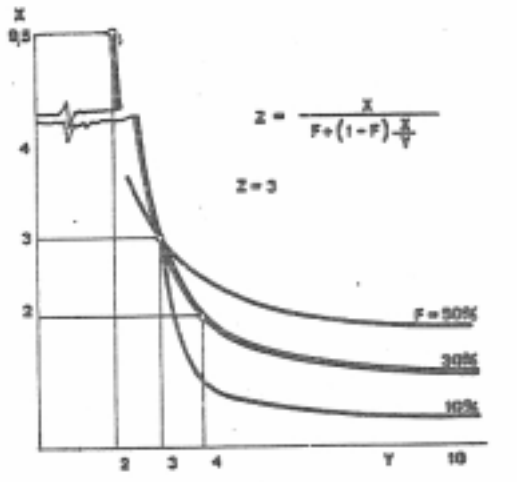
는 놀라운 사실을 알 수 있다. 다시 말하면 경사장력은 직물구조에 다만 약간의 영향을 미칠 따름이다.

마찬가지로 위사장력변화도 직물구조에 약간의 영향을 미친다. 또한 제직공정의 안정성에도 유의한 영향을 미친다. 이와 같은 매우 놀라운 이론은 실제의 제직실험으로 입정되었다. 다저직기로 제직한 직물은 재래식직기에서 제직한 직물과 거의 같으나 오히려 더 나은 형태를 가졌다. 즉 이것은 바디침운동시 바디가 실을 밀어넣을 때 실을 단단하게 하는 영향이 적으므로 직물의 바닥을 촘촘하게 만들어 촉감을 좋게 하는 때문이다. 새로운 직기를 연구하기 시작한 최초에 직기의 생산원가를 감소시키는 한편 개발국가에서 공통적인 문제로 되고 있는 연동력을 감소시키기 위하여 기계의 개발에 있어 다음과 같은 주요방향이 설정되었다.

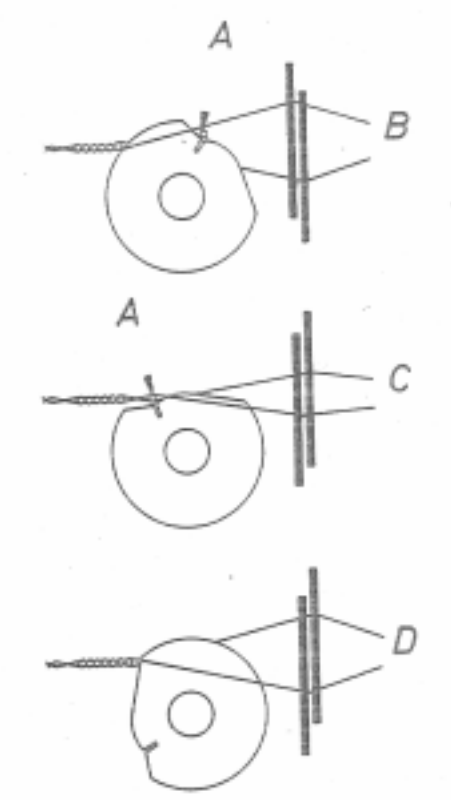
1. 생산량의 증대
2. 기계 및 기계와 관련된 작업의 자동화
3. 작업의 간편화와 작업자의 감소
4. 공장단위면적당 생산량의 증대
5. 직물단위면적당 전력소비량의 감소

1, 2, 3항은 제직공장에서 생산성을 향상시키기 위한 필수적인 요소다. 연구를 시작할 무렵 3배의 생산성(z = 3)을 내도록 목표가 정해졌다.<그림 9>에 보이는 그림을 분석해보면 사무직과 보저공 등 생산성에 영향을 받지 않는 고정인원 F = 30%일 때 이 목표가 달성되었음을 보여준다. X축은 생산량지수를 나타내며 Y축은 자동화계수(Y = 2는 작업자가 ½로 감소함을 뜻함)를 나타낸다. 현재의 결과는 Y = 2로서 재래식직기에 비하여 생산량이 약 10배나 높게 달성되어 목표로한 3배를 훨씬 능가하게 되었다. 이 두가지 요소(X 와 Y)는 앞으로 더 향상되리라 기대된다. Contis직기의 주요기계규격을 <표 2에>

보이며 <그림 10>에 바디침 운동을 보인다.



<그림 9> Production increase and automation coefficient relationship.



<그림 10>

TABLE II

Main machine parameters of the Contis C1

Working width	L = 330 cm.
Speed of carriers	v = up to 2.4 m/sec.
Number of shed changes	n = 720/min. theoretical practically 620/min.
Weft insertion/min.	U = 2,160 m. of weft/min.
Fabric production	D_2 = 10 picks/cm. Q = 140 sq.m./hr. D_2 = 20 picks/cm. Q = 70 sq.m./hr. D_3 = 30 picks/cm. Q = 47 sq.m./hr.
Cloth	plain weave
Weft colour repeat	up to 16 weft changes – as desired.
Electric power consumption	8.5 kW.
Floor space	5.5 x 1.9 metres
Maximum loom height (carrousel)	1.6 m.
Weight	5.5 t.

다저직기의 제직기술은 상당한 어려움이 있었으나 현재는 모든 면직물의 1/3이상에 응용할 수 있다. 다저직기는 재래식직기보다 거의 10배 가까운 생산성을 보이며 직기에 부수되는 공장면적까지 포함할 때 공장면적은 절반이면 된다. 노동력도 반이면 충분하다. 앞으로 이 기계의 산업적인 기술개발을 추진함으로써 직물의 생산증대에 혁신적인 발전이 있을 것으로 기대된다.