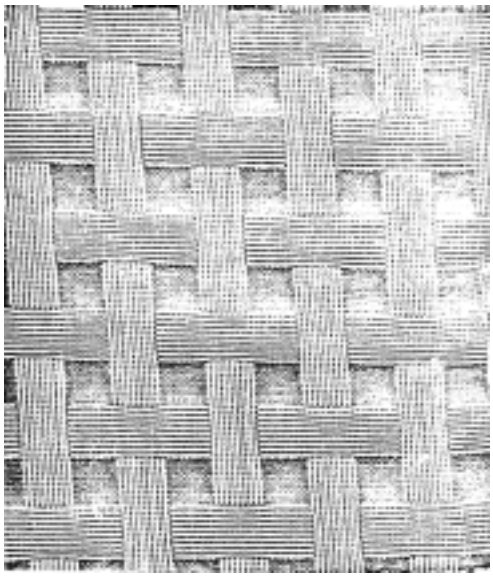
양모 체크직물에 발생하는 버블링(Bubbling)의 방지

1. 서 언

필자는 금년 4월 22일부터 5월 22일까지 1개월간 I.W.S의 기술본부인 영국 일클리 기술 센터에서 양모방공업의 새로운 기술의 발전상을 살펴보았다.

K.Baird씨와 직물에 대한 결점 등에 관하여 토의 하였으며 특히 체크직물에 대한 버블링 발생 원인을 중점적으로 주제로 하여 5일간을 연구하였다. 여기에 실리는 내용는 K.Baird씨가 발표한 [The Prevention of Bubbling in Wool Check Fabric]을 중심으로 하고 필자의 짧은 경험을 살려 체크직물의 요철방지에 대한 기술자료를 게재한 것이다. 본 자료가 날로 가벼워지는 모직물의 품질개선에 조금이나마 도움이 된다면 이보다 만족스러울 수가 없다 하겠다.



<그림 1>

체크 직물의 버블링(요철이 생긴 외관)과 같은 보기 흉한 외관은 수년간에 걸쳐 섬유업계의 큰 관심사로 되어 왔다. 이로 인한 재정사의 손실도 막대한

것이다. 이 결점이 있는 직물의 대표적인 예를 그림 1에 보인다. 이 직물에서 한 색상부분이 다른 색상부분보다 위로 떠오르고 있다. 이러한 요철의 직물을 평탄하게 하려는 노력을 많이 해 왔으나 별로 만족할 만한 성공을 거두지 못한 것이 또한 사실이었다.

Cook와 Delmenico는 건열고정에 의한 방법으로 버블링을 개선할 수 있으며 직물에 버블링이 생기는 원인을 다소 감소할 수 있다고 보고하고 있다. 그러나 버블링을 미리 완전히 방지할 수 있다면 이에서 더 만족스러울 수가 없는 것이다.

이들 학자는 색이 다른 실의 습윤신장의 차와 완화수축의 차가 버블링의 주된 두개의 원인이라고 지적하고 있다 그들의 주된 연구는 습윤신장에 대한 것이었다.

이 서술에서는 실의 수축차가 괄목할 만한 버블링의 원인이 된다고 하고 있다. 그러나 수축, 습윤신장의 차가 없어도 버블링이 생기고 있다. 이는 필자가 실험한 경험으로서도 명백하였다. 아마 이것은 실의 또 다른 성질 때문에 생긴다고 볼 수 있겠다.

이와 같은 복잡한 원인을 구명하기 위해 다음의 3가지 측정치에 대하여 기술하겠다.

1) 버블링이 이미 발생한 시판되고 있는 타탄직물에 사용되고 있는 실에 관한 측정결과

2) 수축률이 다른 실을 사용하여 샘플 직기로 제직한 흑백 체크직물에 관한 측정결과

3) 비교적 비슷한 완화수축을 갖고 있는 네가지의 다른 색상의 실로 제직한 직물에 관한 측정결과

이러한 3가지의 결과치를 검토하면 버블링을 방지할 수 있는 방법이 제시

되리라고 본다.

2. 실의 수축

실의 완화수축은 비교적 광범위한 값으로서 이러한 변동의 한 원인은 염색이나 기타 다른 화학적 처리 때문이다.

이 염색과 화학적 처리 때문에 단섬유의 기계적 특성, 마찰특성이 변화한다. 이와 같은 변화는 공정 중에 흔히 관찰되고 있는 수축률 차의 원인이 된다. 또한 정방조건도 실의 완화수축의 큰 변화를 초래할 수 있다. 다른 요인들도 있으나 별 큰 영향은 미치지 못한다. 정방조건이라 함은 섬유의 성질, 공정중의 유제의 종류, 연신조건, 로빙의 중량, 꼬임 등이다.

정방, 권사 후, 제직 전에 실은 더 많은 응력을 받기 쉽다. 크릴링, 정경, 북실감기, 제직에 이르는 공정 중에 실은 장력이 가해져 늘어난다. 이 현상이 직물에 발생하는 수축의 원인이 된다. 이와 같은 실의 신장성은 실의 완화수축 못지 않게 중요한 사항이다. 만약 직물에 사용되고 있는 실의 신장성에 현저한 차이가 있었다면 직물의 수축에 크나 큰 영향을 미친다.

실의 완화수축을 측정하기란 여간 힘든 것이 아니다. 그 이유는 실의 완화수축이란 절대적인 용어로서 정의될 수 있는 양적 표현이 될 수 없으며 다만 측정할 때의 장력에 의존하여 얻은 양에 불과하다.

이 완화수축은 실이 완화 전과 후에 각각 다른 하중-신장특성을 보이고 있기 때문에 일어난다. 실의 수축특성은 여러 문헌에 설명되고 있다. R50 Tex/2(2/36-소모번수) 사의 대표적인 수축치는 장력 5gf에서 7.5%, 10gf에서 5%, 15gf에서 3.5%, 25gfd서 2.2%이다. 만약 장력이 충분히 크다면(예를 들면, 이 경우에는 70gf) 실의 수축치는 보통 0에 가깝다.

실의 수축을 측정하기 위하여 사용하는 장력은 실이 직물내에서 완화될

때의 조건에 상관될 수 있는 장력으로 하여야만 한다. 그러나 이와 같은 실의 수축에 관한 제한조건은 별로 알려지지 않았으며 또한 조정하기도 어려운 것이다. 본 실험에서는 모든 실의 선밀도가 같고, 같은 직물구조로 제직되었기 때문에 임의의 장력에 의한 실의 수축치를 얻어 이 실을 사용함으로서 실간의 서로 비교검토는 충분하다고 본다. 실의 수축을 측정하기 위해 2개의 방법을 사용하였다. 이 2개의 방법은 C.S.I.R.O.의 실험실에서 개발된 방법으로서 그 상세한 방법은 현재 발간 준비 중에 있다. 2개의 방법 공히 다음의 순서로 진행하였다.

(ⅰ) 실에 길이 표시를 하고서 10gf의 장력으로 실의 길이를 측정하였다.

(ⅱ) 실을 대기압에서 수중 (50℃) 또는 증기중에서 완화시켰다.

(ⅲ) 표준상태에서 컨디셔닝하고, 실에 길이 표시한 구간을 다시 10gf의 장력으로 측정하였다.

제1방법 : 시료의 길이-50cm

시료의 수- 20개 이상

제2방법 : 시료의 길이-50cm

시료의 수 – 3개

이 2개의 방법으로 측정한 결과치가 같게 나왔다. 이후부터는 시료의 제 1, 제 2방법의 구분없이 시험하여도 무방하다는 것을 알았다.

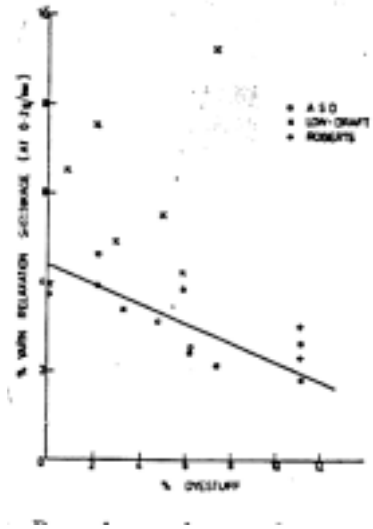
3. 결과와 검토

3.1. 시판직물의 실

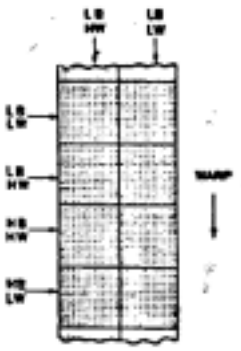
6종류의 순모타탄 직물을 현지소모공장에서 얻었다. 이들 직물은 모두 버블링이 나타나 있었다. 아주 심한 것도 있었다. 색은 청, 적, 황, 흑, 백 등의 체크직물이었다. 직물에 사용하였던 실과 동일한 배치(batch)의 실 25로트를

동일 소모공장에서 얻을 수 있었다.

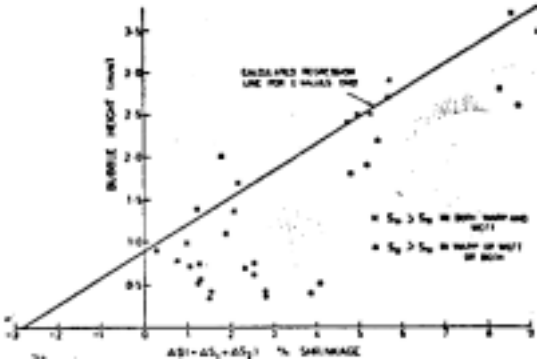
위에 설명한 방법으로 모든 실의 완화수축을 시험하였다. 실의 완화 수축치는 1.8~9.2%였다. 실의 수축차이가 버블링을 일으켰다는 사실이 엿보였다. 그러나 실의 수축은 다른 요인에 의존할 수 있기 때문에 실의 다른 특성도 조사하였다.



<그림 2> Dependence of yarn relaxation shrinkage on dye for the 21 yarns tested (R 50tex/2 yarns(2/36 worsted), with shrinkage measured at 10-gf tension). The regression line for the A.S.D. yarns only is shown



<그림 3> Arrangement of yarns in black and white check fabrics



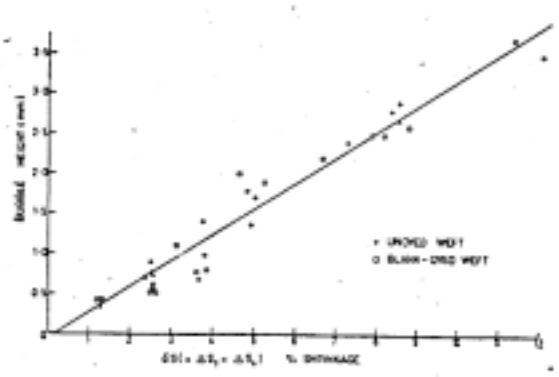
<그림 4> Dependence of bubble height on differential yarn shrinkage(the regression line shown was calculated only for those fabrics(×) in which $S_w > S_B$ in both warp and weft

각 실을 제조할 때 사용되었던 정방방식과 실의 염료량에 대한 자료를 제조공장으로부터 입수하였다. 실의 선밀도와 꼬임수는 잘 알려진 시험방법으로 측정하였다. 실의 신장성은 인스트론 인장시험기로 측정하였다. 실의 완화수축은 통상의 중회귀분석법을 써서 모든 변수의 함수로서 해석하였다.

실의 선밀도는 R50 Tex/2이었고, 실측정치는 R47.6~R52.7 Tex/2이었다. 실의 선밀도와 수축치 간에는 하등 상관관계가 없었다. 측정한 꼬임수는 550~630 회/m이었고 이것 또한 실의 수축과 상관관계가 없었다. 그러나 해석결과에서 실의 수축은 정방방식과 염료의 량에 의존되고 있다는 사실을 알았다. 이 결과를 그림 2에 표시한다.

앰블러 슈퍼 드래프트(A.S.D)방식으로 정방한 실은 염료의 양이 증가함에 따라 수축이 감소하고 있다. 실의 수축은 명확히 염료의 양에 의존하고 있다는 것을 알았따. 저 드래프트방식으로 정방한 실의 수축은 평균적으로 A.S.D 방식으로 정방한 실의 수축보다 컸다. 또한 수축치의 변동범위도 컸으며, 이 방식으로서는 염료량에 의한 영향은 없었다. 일정한 정방방식에서는 보빈에 감긴 직후(완화전)의 실의 신장성과 완화수축 사이에는 관계가 없었다. 상술

한 바와 같이 어느 경우에는 정방조건에 의한 수축의 차가 생긴다고 하지만 실의 신장성과 완화수축과의 사이에는 관계가 없는고로 적어도 이러한 종류의 실에 있어서 정방조건에 의한 실의 완화수축의 차는 후공정에 의한 차보다 적다는 것을 알았다.



<그림 5> Dependence of bubble height on corrected differential yarn shrinkage for the same fabrics as in Fig. 4. (the regression line shown was calculated for all the data)

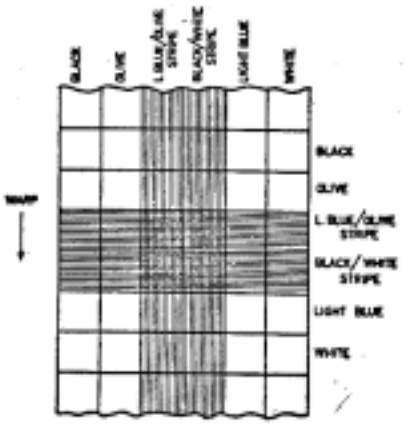
쿡크(Cook)와 델메니코(Delmenico)가 실시한 동일한 계산에 의하면 만약 직물 1cm^{2}의 체크내에 0.5~1mm의 높이의 버블링이 생겼다면 이 버블은 바로 인접한 실의 길이의 차가 0.5~1%인 것에 의한 것이라는 것을 알 수 있다. 본 연구에 사용하였던 실을 여러 가지로 조합하면 적어도 이 정도의 수축이 생길 수 있는 가능성이 그림 2를 보면 알 수 있다. 물론 직물의 제조구조와 가공조건에 따라 흔히 이 정도의 수축은 현실적으로 직물에 발생하고 있다. 그러나 실제로 실의 수축률 차이를 측정하여 보면 1% 이상인 것이 보통일 수 있다. 사용된 타탄 직물에 있어서는 보통 저수축의 흑색사와 고수축의 엷은 색의 실로 짜여졌다. 전체가 다 저드래프트방식으로 제조한 고수축사와 A.S.D. 또는 더블 에이프런(Roberts)기로 제조한 저수축사를 조합한 경우가 최악의 버블링상태를 보이고 있었다. 이러한 상태는 쉽게 개선이 가능한 것

이다. 다시 말하면 완화-수축특성이 동일한 실을 사용하여 체크 또는 타탄 직물을 제직하면 된다. 그러나 경우에 따라 염료에 의한 수축 때문에 항상 용이한 것은 아니다.

3.2 실험용 직물

3.2.1 예비시료

위에서 설명한 내용을 시험하기 위해서 흑색과 미염색의 64’s 울 톱을 사용하여 두 로트 공히 A.S.D. 정방기로 50tex사(2/36 소모 번수)로 방적하였다. C.S.I.R.O.의 연구에 의하면 실의 수축은 많은 요인에 의존하고 있다는 것을 알았다. 본 실험에서는 이 중 드로잉(drawing)에 의하여 다음과 같은 수축치를 갖는 실을 제조하였다.



<그림 6> Arrangement of yarns in fout-colour fabric

고수축 흑사 (H.B), 6.7% (S.D. 0.8%) ;

고수축 미염색사 (H.W.), 6.5% (S.D. 1.2% ;

저수축 흑사 (L.B.), 1.9% (S.D. 0.5%) ;

저수축 미염색사 (L.W.), 3.0% (S.D. 0.5%) ;

경사 위사 공히 1cm폭으로 흑사와 백사를 교호로 사용하여 8종류의 체크 직물을 샘플 직기로 제직하였다. 직물은 2/2능직으로서 경, 위 공히 21본/cm 이다. 사용사의 배열은 그림 3과 같다.

경사는 2개의 섹션(section)으로 나누었다. 즉 반은 L.B.와 L.W.를 교호로 사용하였고 나머지반은 L.B와 H.W.를 교호로 사용하였다. 위사는 흑백을 조합하여 4개로 배열하였다.

이 외에 또 하나의 샘플을 경, 위 공히 H.B.와 H.W.로 제직하였다. 직물가공은 가벼운 쎄미 데카타이징, 세융, 프레싱하였다. 이 조건은 일반공장의 것과 다르지만 그런대로 합리적인 가공방식이라 하겠다. 이 가공방식은 실의 수축차이를 두드러지게 하는데 이점이 있다. 시험하기 전이 직물을 오픈 스티밍(open steaming)한 후 그대로 방치하였다. 시험결과 버블링(bubbling)이 전혀 생기지 않은 직물은 하나도 없었다. 버블링 정도별도 분류하여 보면 흑사와 백사의 수축률이 대동소이한 샘플이 가장 적었으며 경, 위 공히 L. B.와 H.B.를 사용한 것이 가장 심했다. 이로써 확실해진 것은 실의 수축이외의 다른 요인도 버블링 발생의 원인이 된다는 것이다. 건조된 직물과 수분량이 많은 직물의 외관을 비교하였더니 별 차이가 없었다. 그러므로 습윤신장(hygral expansion)의 차가 그 원인이 아니라는 것을 알았다.

3.2.2. 추가시료

버블링과 실의 수축차와의 관계를 보다 더 상세히 검토하기 위해 6종류의 흑사와 백사를 제조하였다. 흑사의 수축은 6.5, (5.8), 6.1, 5.6, 4.75, 3.5, 1.9%이며, 미염색사의 수축은 6.5, (5.8), 4.2, 4.0, 3.0, (2.6)%이다. ( )의 사는 블랭크(blank) 염색, 즉 염료없이 염색처리된 실이다. 이들 실로 체크 직물을 제직하였다. 제직 및 가공조건은 상술한 것과 동일하게 했다. 전부 33개의 흑, 백사

조합으로 배열하여 제직하였다. 체크직물의 버블링의 정도에 대한 사정은 처음은 주관적으로 그 순위를 결정하였다. 정성적인 비교를 위해서는 이 방법으로 충분하지만 버블링과 실의 수축과의 관계를 정량적으로 정하려고 간단한 무하중측정법을 써서 각 직물의 버블(bubble)의 높이를 측정하였다. 직물, 샘플을 올려놓는 수평판에 평행되도록 인스트론 인장시험기의 크로스 헤드(cross head)에 스트레이트 엣지(straight edge)를 붙였다. 스트레이트 엣지와 직물의 버블과 막 접촉할 때까지 일정속도로 크로스 헤드를 하강시켰다. 그 정밀도는 인스트론 장치의 뒷편에 있는 조명으로서 가능하였다. 각 샘플마다 5개소를 측정하였다. 버블링의 높이는 엣지와 평판과의 사이의 거리고 정의하였고, 측정된 버블링의 높이는 평균 직물의 두께보다 적었으며 0.3~3.7mm정도였다.

직물의 시험결과로서 경, 위사의 수축차가 있을 때 큰 버블링이 발생한다는 것을 알았다. 수축차에 따른 버블링의 영향을 최초로 추정하기 위해 다음의 양을 사용하였다.

$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$

여기서 $\Delta S_1 = |S_w - S_B|$ 경사

$\Delta S_2 = |S_w - S_B|$ 위사

S_w와 S_B는 각각의 미염색사와 흑사의 완화수축이다.

ΔS에 대한 버블링의 높이를 그림4에 표시하였다. 이 방법으로는 2개의 결점이 있다. 제일의 결점은 같은 ΔS치일지라고 ΔS_1과 ΔS_2의 차가 큰 쪽이 ΔS_1과 ΔS_2가 거의 같을 때 보다도 버블링이 크다. 예를 들면 ΔS_1=0, ΔS_2=3%때의 버블링은 ΔS_1=ΔS_2=1.5%때의 것 보다도 큰 것이다. 그러나 이 결과는 ΔS에 따른 버블의 높이가 직선회귀로부터 크게 벗어나지는 않는다.

제 2의 결점으로서는 3.1항에서도 기술하였지만 $\Delta S_1=0$, $\Delta S_2=0$인 때에도 버블링은 아직 생기고 있다. 고수축의 흑사와 저수축의 백사와의 조합은 고수축의 백사와 저수축의 흑사와의 조합때 만큼의 큰 버블링은 생기지 않고 있다. 이 결과는 역시 그림 4에 나타나고 있다. 경, 위사 공히 $S_w > S_B$의 직물을 X로 경, 위사 공히 또 그 중 어느 것이든 한쪽이 $S_B > S_w$인 직물을 · 로 표시하였다. 이러한 영향을 제거하기 위해서 $S_w > S_B$인 직물에 대해서만 ($\Delta S_1 + \Delta S_2$)에 따른 버블의 높이를 회귀직선으로 계산하였다. 횡좌표의 교차점9 버블의 높이가 0인 점)은 –2.8%이었다. 이것은 경위사 공히 $S_w - S_B = -1.4\%$(즉 $S_B - S_w = 1.4\%$)일 때 버블링이 완전히 제거될 가능성이 있다는 것을 알았다. 따라서 그림4의 데이터(data)를 다음 식과 같이 다시 계산하였다.

$$\Delta S3 = \left| S_w - S_B + 1.4 \right| \quad \text{(경사)}$$

$$\Delta S4 = \left| S_w - S_B + 1.4 \right| \quad \text{(위사)}$$

그림5로서 $\delta S(= \Delta S_3 + \Delta S_4)$와 버블의 높이를 표시하였다. 상관계수는 $\gamma = 0.975$이고, 계산한 회귀곡선을 표시하였다.

미염색사와 블랭크(blank)염색사 사이에는 뚜렷한 차가 없었다. 즉, 이 톱으로부터 제조한 실은 미염색사와 동일한 결과를 나타내고 있다는 것을 알았다. 4개의 직물의 버블링 치는 아주 무시할 수 있는 값이었다. 즉 ΔS_3와 ΔS_4는 0~0.5로서 이때의 버블 높이가 0.3~0.5mm이었다. 이로써 다음과 같은 사실이 명백해졌다. 즉 흑염사와 미염색사로 제직한 직물의 버블링을 최소로 하려면 경사 위사 공히 흑사의 수축을 미염색사의 수축보다 약 1.4%정도 크게 하지 않으면 안된다는 것을 알았다.

전에 지적한 바와 같이 버블링 정도는 가공방법에 의하여 확대되어 나타난다. 보통의 소모가공(특히 full decating)은 이들의 직물에 만족할 만한 가공

방식이다.

<표 1> Some Details of Dyeing and Yarn Properties

Colour	Class of Dye	Percentage Dye o.w.w.	pH	Time at 100°C (min)	Yarn Linear Density (tex)	Yarn Shrinkage(%)	
						Mean	S.D.
Undyed	—	—	—	—	47.4	2.24	0.17
Light Blue	Reactive	0.5	5.6	45	49.6	2.41	0.33
Olive	Pre-metallized	1.0	5.7	30	47.6	2.17	0.35
Black	Chrome	10	3.7	100	48.9	2.13	0.24

3.2.3. 4색 체크 직물

위에 설명한 결과를 보면 아주 근사한 수축치를 갖는 흑, 백사로 제직한 직물일지라도 간단한 가공으로서는 버블링이 생긴다고 했으며 이는 정상적인 가공방식을 채택하여 해결하더라도 언젠가는 버블링이 생길 수 있는 잠재성을 내포하고 있다는 사실이다. 이 상태를 좀 더 연구하기 위해 4색의 사를 사용하여 표준 일반직기로 직물을 제직하였다. 그 방법은 다음과 같다. 1로트의 톱을 4개의 배치(batch)로 나누어 염색하였다.

그 염색조건은 표 1과 같다. 이 톱으로 아주 근사한 수축치를 갖도록 하여 25tex×2의 실을 A.S.D.방식으로 방적하였다. 2.에서 설명한 바와 같이 측정실번수, 10gf이 장력으로 측정한 수축치와 그의 표준편차(S.D)도 표 1에 나타나 있다. 수축치는 샘플을 각 배치에서 랜덤으로 길이 50m×15개씩 채취한 것의 평균치이다. t테스트 결과 흑사와 백사의 수축치에는 별차가 없었다. 그 비는 95%선이었다 이들 실을 그림 6과 같이 설명하여 한 개의 패턴이 사방 약 25cm의 체크가 되도록 제직하였다. 2/2능직, 경, 위 공히 21본/cm이었다. 중앙의 부분은 약 1cm폭으로 교호로 실을 배열하여 버블링의 주관적인 사정에 사용하였다. 나머지 16개의 사각의 부분은 샘플의 상대적인 크기를 측정

하기 위하여 사용하였다. 이렇게 함으로서 제직 후의 각 단계에서 직물의 크기에 관한 실의 색이 다름에 따른 효과를 비교할 수가 있었다. 주로 버블링이 잘 나타날 수 있도록 가공하였다. 즉 20초간 경스팀프레싱; 1부간 습윤완화하고 세융; 1분간 세미디케이팅; 1분간 오픈 스티밍 하였다. 직물은 각 위의 공정 후마다 그대로 방치하여 컨디셔닝하였다. 생지 상태의 사각부분의 크기는 거의 차이가 없어 실의 색이 다름에 따른 영향이 거의 나타나지 않고 있었다. 그러나 가공지에서는 뚜렷한 수축이 있었다. 각각의 실에 대한 경, 위사간에는 대동소이한 수축치를 보였다. 평균수축치는 미염색사가 5.9%, 라이트 블루가 5.9%, 올리브가 5.35%, 흑색이 3.95%이었다. 미염색사의 수축치는 평균으로 흑사보다 1.95% 정도 크다는 것을 알았다. 습윤상태의 직물이라도 흑사와 백사의 수축차는 있지만 이 두개 사의 습윤신장의 차에 의해 그 수축차는 1.65%로 감소하였다. 직물의 체크부분의 외관과 측정된 크기와는 일치하였다. 블루와 올리브의 체크는 가공공정의 어느 단계에 있어서도 전연 버블링이 생기지 않았다. 그러나 백과 흑의 체크부분의 버블링은 가공이 진행됨에 따라 나빠졌다. 이 외에 몇 가지의 샘플을 더 만들어 버블링을 검토하였다.

· 우선 위의 직물과 동일한 조건으로 제직하여 생지를 세미디케이팅 처리하였다. 그 외의 가공조건은 동일하게 하였다. 전의 샘플과 동일한 경향을 보였으나, 그 결과는 보다 적었으며, 흑과 백의 수축차는 약 1%로 감소하였고 이에 따라 버블링 정도도 감소되었다.

· 또 한가지의 새플은 점차로 위사밀도를 증가시켰다. 가공된 직물의 밀도는 경사가 21.0본/cm이고 위사가 24.5, 26.1, 27.8본/cm이 되게 하였다. 제직밀도가 증가함에 따라, 버블링 정도는 감소하였다. 그러나 가장 밀도가 큰 27.8본/cm인 때에도 버블링은 발생하였다.

· 마지막으로 위사를 흑사로 써서 제직하였다. 흑사의 수축을 임의로 스트렛치(Stretch)하고 셋팅(setting)하여 증가시켰다. 경사는 전에 사용한 흑, 백사를 사용하였다. 따라서 위사방향에만 나타나는 버블링을 표준사의 버블링 비교가 가능하도록 했다. 위사방향의 흑사를 약 2% 정도 더 수축되도록 했을 때 버블링은 전혀 일어나지 않았다.

4. 결 론

실험적으로 제직한 3개의 로트의 직물에 대한 시험결과로 실의 수축차가 체크 직물의 버블링의 주 원인이 된다는 것을 알았다. 3 · 1항에 기술한 바와 같이 일반 정방에서는, 미염색사가 흑사나 기타 진한 색사보다 수축이 더 크므로 결점이 생기게 된다는 것을 알았다. 그러나 실의 다른 특성이 버블링의 원인이 된다는 것도 확실히 알았다. 왜냐 하면, 같은 수축치를 갖는 색이 다른 실을 사용하여 제직한 직물일지라도 버블링이 생기기 때문이다. 이 버블링의 원인은 흑사로 제직한 직물이 같은 조건으로 제직하더라도 미염색사로 제직한 직물보다 길고 넓기 때문이다. 이 현상은 실의 휨특성(bending properties)과 측면압축률(lateral compressibility)의 복합으로서 생긴다고 추측하고 있지만 정확한 이유는 확실하지가 않다. 평균으로 같은 선밀도의 실에서 미염색사보다 흑사의 단면에 들어있는 섬유본수는 약 10%가 적다. 이 때문에 휨특성이 다를 수 있다고 생각된다. 그러나 실제 시험에 사용된 실의 샘플을 보면 휨모멘트(bending moment)는 흑, 백사간에 별 차이가 없다.

실 특성에 의한 차를 상쇄하기 위해 흑사의 수축을 미염색사의 수축보다 1.0~2.0%까지 더 크게 하므로서 실질적으로 버블링 경향을 제거할 수가 있었다. 정방조건을 변경하든지 권사나 합사 중에 장력을 증가시키므로 해서 이와 같은 수축을 일반 정방사로 얻을 수가 있다. 미염색사의 수축을 흑사의

수축보다 감소시키려면 대부분 많은 공장에서 블랭크 염색이나 기타 동일한 처리에 의해서 달성할 수가 있는 것이다.