平行になる。

反復圧縮されてほぼ安定になった繊維集団を、その圧力以下で圧縮回復せしめると、その挙動は安定した圧縮回復挙動に合流する。

ある圧力で反復圧縮すると、次第に体積が縮少しやがて低圧部における体積縮少のみとなる。このようになった繊維集団の低圧部における体積縮少をせしめるには、体積変化をきたす範囲以上の圧力を用いねばならぬ。

文 献

- 1) A. K. van der Vegt, G. J. Schuringa; *Text. Res. J.*, 24, 99 (1954)
- 2) 東; 染色時報, 573, 9 (昭9)
- 3) 岡島, 池田; 織学誌, 12, 615 (昭31)
- 4) 岡島, 池田; 織学誌, 12, 720 (昭31)
- 5) 池田, 岡島; 織学誌, 13, 392 (昭32)
- 6) 池田, 岡島; 織学誌, 13, 466 (昭32)
- 7) A. Demiruren, R. H. Burns; *Text. Res. J.*, 25, 665 (1955)
- 8) 東; 公聴会講演 (昭33.7.4)

第 XXVIII 報 蒸留水中の繊維集団の温度による圧縮回復挙動

1. 緒 言

一般に繊維は温度により弾性的性質が変わり溶液中においては膨潤度も異なる。したがってそれら繊維が集団を形成した時の圧縮挙動も当然異なるべきである。自由繊維集団のフェルト化能力および織物の milling shrinkage と温度との関係は多くの人々により研究されり、最適温度の有無について興味ある論争が展開された。東²⁾および R. W. Moncrieff³⁾ はその一部を紹介している。本報は未処理アンゴラ兎毛集団が、最も簡単なフェルト化作用である上下圧縮操作で、蒸留水中での温度によりどの程度の差を示すかの知見を得るため実験したものである。

2. 最適温度の諸説について

H. R. Hist (1921) は W. Harrison が織物を使用して酸および石けん中で特に温度に注意した精密実験を紹介し、65°C までの範囲では 46~49°C が最適縮充温度であると述べ、J. B. Speakman ら (1933) は 37.1~52.4°C の範囲で、たて綿・よこ毛の織物を用い石けん浴中で試験し、42.0~47.6°C の間に最適温度の存在することを知り、Harrison の実験を支持した。しかるに J. Schoffield は (1938) 18~98°C の範囲で自由繊維集団を用い酸性浴中で実験し、18~85°C まではフェルト化能力は温度と共に上昇することを述べ、フェルト化測定法のことからんで Speakman との間に論争となつた。これら実験値の相違は織物と自由繊維集団との相違を暗示し、一時 Speakman も 40~50°C が必ずしもすべての場合に最適でないと考えに至つた (1938)。東は (1941) 30~80°C の範囲でローラー型縮充機で milling に似た操作をし、製造物のポロシティーを測定されたが、最適温度はみられなかつたとのことである。しかし氏は織物の場合に 45°C 付近が好適であることは全く誤りでもなさそうであると結ばれている。その後、E. H. Mercer

(1942) は pH 4~11 の範囲で糸を用いて収縮率を測定し、縮充に関する最適温度のないことを述べ、Carter ら (1944) も 60~70°C 以上では最適温度のない結果を得た。一方、Speakman ら (1944) は 24~58°C の範囲でカリ石けん、礬砂、硫酸の各溶液を用い、織物による縮充実験を行ない、アルカリ性溶液では 35°C までは温度と共に収縮は増大し、それ以上では温度によらず一定で、酸性浴中では温度と共に収縮は増大するのみであることを示した。またアルカリ液中では 35°C 付近に弾性挙動の変異点があるが、酸性浴中ではこれがなかつたことを指摘し、上述の現象の説明を試みた。L. Weiner (1949), H. Rath (1951) は共に温度によるフェルト化能力の一方的増大を認めている。

他方、フェルト製造工場では最初から高温下で処理したものより、最初低温で処理し、次第に高温にしたほうがよいフェルトができると認識している。この理由については別の機会に述べる予定であるが、温度の影響についても多くの問題が残されており、研究室と工場を結ぶには未だ未だ距離のある現状である。

3. 試料および実験法

試料は前報に示した C 級アンゴラ兎毛の試料 I⁵⁾を用いた。実験は前報と同様な装置⁶⁾を用い、恒温槽の温度を 60, 45, 30±1°C に保ち圧縮挙動を調べた。測定はすべて蒸留水中で行ない、常法のごとく繊維集団は水中に処定の温度に一昼夜放置して後圧縮した。この外に 30°C において 10 g/cm² で 500 回圧縮回復せしめ、繊維集団の挙動がほぼ一定になつたものを、45±1°C に上昇して一昼夜放置後、同一最大圧力で圧縮回復の挙動を調べた。さらにこのものを 60±1°C に上昇して一昼夜放置し、前同様圧縮回復挙動を調べた。

3. 結果および考察

45°C での圧縮回復挙動を Fig. 1, 2 に示し、60°C で

の挙動を Fig. 3, 4 に示した。30°C での挙動は、前報 Fig. 3, 4⁷⁾ に示しているのをこれを参照されたい。30°C においては(前報 Fig. 3) 7 回目の挙動と 8 回目の挙動とは実験誤差範囲で一致したが、45°C においては(Fig. 1) 6 回目と 7 回目が一致し、60°C では(Fig. 3) 5 回目と 6 回目とが同一挙動を示している。また 30°C では 300 回目と 500 回目の圧縮挙動は(前報 Fig. 4) 2 g/cm² 以上の圧力で同一挙動を示しているが、45°C では Fig. 2 に示すごとく、500 回目になつても実験回数と共に全圧力域に対して比高は低下している。60°C においても 45°C の場合と同様な現象がみられ、700 回に至つてもさらに全圧力域について集団の沈下が認められる。しかも 45°C の時の 300 回目と 500 回目との図面上の差よりも 60°C におけるその方が大きい。

つぎに 30°C の場合の圧縮回復挙動は(16報 Fig. 3, 4) 16報⁵⁾ Fig. 10 の代表的模型図における BC と CD に

相当するものの傾斜に、相当はつきりした区別がなされるが、60°C になるとこの傾斜の差が少くなる。なお 60°C における 700 回目の回復挙動は特異な挙動を示す。このように BC 部分の傾斜角 γ が CD 部分の角 ω より大きい現象は試料 II における空中での圧縮回復挙動(第 16 報 Fig. 6) にも現われている。また 30°C においては 1~8 回目までの CD 部分は同一挙動を示すが、45°C および 60°C においては少し異なるようである。

第 1 回目の 30°, 45°, 60°C の圧縮回復挙動を合わせて比較図示したのが Fig. 5 である。また圧縮挙動のみを C. M. van Wyk の方法⁹⁾ で図示したのが Fig. 6 である。前にも示したように⁹⁾ van Wyk の表示法では集团体積の小さい処(すなわち圧縮力の大きいところ)での挙動が大きく全体の直線を支配してくる。deMcCarty ら¹⁰⁾ の考えている同一圧縮率(彼らは 90% を採用)に

Fig. 1

Fig. 4

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 5. Behaviours of first compression at various temperatures.

おける最大圧力の比較法も集団の最大圧力における挙動に重点を置いている。したがってこの二つの評価法による圧縮挙動の解析はよく相関するであろうことが予想される。しかし Fig. 5 に示した差の程度では、温度による繊維集団の圧縮挙動を系統的に説明することはできない。この程度の差は繊維集団の差とみなされる場合があるからである。したがって、さらに繰返えし圧縮した場合の挙動を調べて検討しなければならない。

Fig. 7 は縦軸に比高 (1 cm^2 の上に 1 g の毛が載せられた時の高さ) をとり、横軸に圧縮回数をとった場合の各圧力下における変化を示す。これによ

Fig. 6

Fig. 7

ると第1回目の圧縮挙動は繊維集団の不均一さもあり、温度変化に伴う規則性はないが、圧縮回数が2回目になると、 3 g/cm^2 のときを除いて、早くも各集団の比高は温度の高い程小さくなっている。比高が温度の高い程小さくなっている場合に3つの原因が考えられる。その一つは繊維それ自体が柔らかくなり。変形されやすくなっている場合であり第2には超収縮が起つた場合であり、第3には第1回の圧縮で既にもつれの程度に差を生じた場合である。もし第1、第2の原因であるなら第1回目の圧縮において既にその差が生じてよいはずである。また羊毛での大きな超収縮は 70°C 以上でないといきることが知られている。したがってここでは主として第3の原因によると考えてよからう。さらにこのことを暗示するものに後述の Fig. 10 の実験がある。ここで温度を上げた場合、もし繊維の質が柔らかくなったことの理由が大きければ、当然低圧部においても大きく圧縮挙動の変化がみられねばならない。図の 0.5 g/cm^2 の圧力下における 300 回目の挙動をみると、 45°C の場合の比高が 60°C の場合のそれより小さい。しかし 45°C の場合は 300 回から 500 回になる時の比高低下率が小さいが、 60°C の場合はこれが大きく、その低下率は 500~700 回においても持続される。前出の Speakman が 45°C における縮充速度の大きさを強調した時、Schofield は Speakman の実験を時間的に四つの段階に分け、各段階におけるフェルト化速度を計算し、 45°C においては初期速

man の実験を時間的に四つの段階に分け、各段階におけるフェルト化速度を計算し、 45°C においては初期速

Fig. 8

度は大きい、高温での操作は後期速度が大きいことを指摘し、 45°C を最適温度とすることの不当を述べた。しかるに Speakman は各温度によつて最終フェルト化状態に達する程度はほぼ同一で、その最終状態に近づく時間が 45°C 付近で最短であることを述べ、再び最適温度を強調した論争を思いだす時、圧縮回数の途中でこのような逆転があつてもよいのかもしれない。つぎに $3\text{g}/\text{cm}^2$ の点であるが、このところの比高は温度により大した差がみられない。この $3\text{g}/\text{cm}^2$ の点を Fig. 1~4 でみると、いずれもこの圧力の前後から直線的に比高が下つていく。したがつて、このあたりから繊維の圧縮形態が変わつて行くのかもしれない。繊維集団を圧縮すると、繊維がどのように移動もしくは変形して行くかについては、モデル実験と共に別に報告したいので、ここではあまり触れないことにする¹⁰⁾。 $3\text{g}/\text{cm}^2$ を超えて $10\text{g}/\text{cm}^2$ の最大圧力になると、その順位は温度の高い程比高が小さくなつていく。Fig. 7 を全体として眺めると、温度の高いほうが圧縮回数による比高低下速度が大きいことがうかがわれる。

Fig. 8 は Fig. 1~4 および前報¹²⁾ Fig. 3, 4 の各図から、前報¹²⁾のごとく θ , γ , ω , $(\theta-\omega)$ をその $\tan$ より算出してプロットしたものである。ここで圧縮曲線の直線部分に折点のある場合の θ は、低圧部の直線の横軸となす角をとつた。図より知られることは、温度変化による各測定値の規則性はみられないが、 θ , ω , $(\theta-\omega)$ は全体として圧縮回数と共に低下し、 γ は非常に不規則である。したがつてこのような図示法では $30\sim 60^{\circ}\text{C}$ の温度変化のごとく、圧縮曲線の直線部に折点があつたり、なかつたりするようなものを含む場合のフェルト化能力の評価には不適当と思われる。第 15 報¹³⁾ Fig. 8 におい

て、500 回の圧縮繰返しにより高圧部においては集団の不均一さに原因されると思われる差は小さくなることを示し、圧低部においては圧縮挙動の差が依然残されることを述べた。しかし同図をよく見ると、低圧部における圧縮曲線と回復曲線との差は No. 1 および No. 2 の集団について変わらないことがわかる。したがつて比高の差 (レジリエンスと関係深い因子) を問題にするときは、比較的精度よく繊維質の相違を低圧部においても比較することができるのではないかと予想した。そこで各圧力下における圧縮曲線と回復曲線との比高の差をとつてみた。それが Fig. 9 の A, B, C である。この比高の差は圧縮回数と共に急激に低下し、ほぼ一定値に近づくようである。A において温度と比高の差の間には規則性らしいものもみられないが、 $0.1\text{g}/\text{cm}^2$ 以上の圧力下では 60°C の比高の差が初期の圧縮回数で急激に低下し、 45°C のものは低下が一番徐々である。また 100 回以上になるといずれもほぼ一定値に近づく大差なくなる。比高の差が大きいものは、一旦圧縮されたものが回復しにくいことを示し、レジリエンスが小さいことになる。初期圧縮回数における比高の差の最も大きいものは 45°C である。そこで Fig. 7 と 9 より考えられることは、数回の圧縮では温度の高い程圧縮されやすく、圧縮回復により残された仕事は 45°C の場合一番大きいことになる。

Fig. 9 A

Fig. 9 B

Fig. 9 C

Fig. 10 は最大圧力 10 g/cm^2 にて 30°C で 500 回圧縮されたものを 45°C および 60°C にそれぞれ保ち、同一最大圧力にて圧縮回復挙動を調べたものである。Schofield はフェルト化したものを 20°C から 50°C に温度を上げたとき、約 3 min でフェルトの高さが一定になる

Fig. 10

ことを示している (1938) が、著者らは温度を変える毎に一昼夜測定温度で測定媒体中に浸してから実験した。Fig. 10 より解ることは、温度を上げて行くと圧縮直線が下つてきて回復曲線は大差なく、したがって比高の差が小さくなってくる。Fig. 9 においては圧縮回数が 500 回前後になると、温度によらず比高の差がほぼ一定になっていたのが、この実験では温度の上昇により低温で圧縮されなかつた部分が高温で圧縮されるのではないかということをおもわせる。すなわち温度が上ると同一圧力でもより圧縮されるので、今迄動かなかつた部分に変型を与え、繊維のからみ合いの機会を与える可能性がでてくることを予想さす。また 45°C で 1 回加圧の後 60°C で加圧した場合に、最大圧力以外の点で大差ないのは、 30°C で 500 回圧縮された程度の繊維集団では、もはや 45°C と 60°C との初期圧縮回数による比高の相違が、低圧部ではみられないのかもしれない。最大圧力下では 60°C の時は 45°C の時より比高が小さくなっているが、このことは Fig. 7 とよく符号する。

4. 総 括

C級アンゴラ兎毛を用い、 30° , 45° , 60°C において最大圧力 10 g/cm^2 で繰返し圧縮回復せしめ、その挙動を調べた。その結果、

(1) 温度が高いと圧縮曲線中の直線部分に折点を持つようになり、また 60°C の回復曲線は γ のほうが ω より大きい現象が現われた。

(2) θ , γ , ω , $(\theta-\omega)$ の圧縮回数による変化では、この程度の温度変化によるフェルト化能力の差を評価しがたい。

(3) 圧縮回数により比高は 60° , 45° , 30°C の順に低下率が大きく、この点からすると蒸留水中でも兎毛は高温のほうが密度は高くなりやすいと考えられる。また 3 g/cm^2 の点では各温度による比高の変化がなく、圧縮機構の変位点を暗示しているようである。

(4) 各圧力下における圧縮の比高と回復の比高の差の、圧縮回数による低下率は、 60°C が最大で 30° , 45°C の順に小さくなる。

(5) 30°C で 500 回圧縮回復せしめたものを 45°C および 60°C でさらに圧縮してみると、 30°C で圧縮されなかつた高圧部分が、高温では圧縮されることを示し、従来の常識とよく一致する。

文 献

- 1) W. Harrison; *Wool Ind. Res. Assn. Publcn.*, No. 4 (1919)
H. R. Hirst; *ibid.*, No. 9 (1921)
J. B. Speakman, E. Stott, H. Chang; *J. Text. Inst.*, 24, T 273 (1933)
J. B. Speakman; *Melliand Textilb.*, 17, 580 (1936)
J. Schofield; *J. Text. Inst.*, 29, T 239 (1938)
J. B. Speakman; *J. Text. Inst.*, 29, T 305 (1938)
Carter, Grieve; *Wool Ind. Res. Assn. Special Publcn.*, No. 6, 7 (1944)
J. B. Speakman, J. Menkart, W. T. Liu; *J. Text. Inst.*, 35, T 41 (1944)
L. Weiner; *Dyest. Rept.*, 38, 289 (1949)
H. Rath, G. Fröb; *Melliand Textilb.*, 32, 792 (1951)
- 2) 東; 織工誌, 7, 175 (昭 16)
- 3) R. W. Moncrieff; *Wool Shrinkage and Its Prevention*, London (1953)
- 4) 東; 織工誌, 7, 175 (昭 16)
- 5) 池田, 岡島; 織学誌, 13, 466 (昭 32)
- 6) 岡島, 池田; 織学誌, 12, 615 (昭 31)
- 7) 池田; 織学誌 投稿中
- 8) C. M. van Wyk; *J. Text. Inst.*, 37, T 285 (1946)
- 9) 岡島, 池田; 織学誌, 12, 720 (昭 31)
- 10) P. C. deMaCarty, J. H. Dussenburg; *Text. Res. J.*, 25, 875 (1955)
- 11) 岡島, 池田; 織学会講演 (昭 33.5.28)
- 12) 池田, 岡島; 織学誌, 第 27 報, 同時掲載
- 13) 池田, 岡島; 織学誌, 13, 392 (昭 32)

(昭和34年6月11日受理)

兎毛に関する研究 (第XXVII報) (第XXVIII報) (第XXIX報)

東京都立大学工学部 池田佐喜男・岡島三郎
工業化学科

STUDIES ON RABBIT FIBRES (XXVII) (XXVIII) (XXIX)

By Sakio Ikeda and Saburo Okajima

(Faculty of Technology, Tokyo Metropolitan University, Fukazawa-Cho,
Setagaya-Ku, Tokyo, Japan)(XXVII) THE CYCLIC COMPRESSION-RECOVERY BEHAVIOURS OF THE
BULK UNDER THE VARIOUS COMPRESSION PRESSURE

The compression-recovery behaviours of the bulks of the Angora rabbit fibre were observed in distilled water at $30 \pm 1^\circ\text{C}$. Three maximum pressures of 5.0, 10.0, 18.5 g/cm² were used and the pressure effects were examined. The following results were obtained:

- (1) The more the pressure added, the smaller is the recovered height.
- (2) In order to compare the compression behaviours of the bulk, the maximum pressure added must be higher than a certain critical value in our samples 0.5 g/cm², otherwise the compression is disturbed by the nonhomogeneities of the test bulk.
- (3) When a cyclic compression-recovery is added repeatedly several hundred times to a bulk, its deformation loop becomes practically constant. The deformation of this bulk proceeds further by the compression under at higher pressure, but not with a lower pressure even repeatedly.

(XXVIII) COMPRESSION-RECOVERY BEHAVIOURS OF FIBRE BULKS AT
VARIOUS TEMPERATURES

The cyclic compression-recovery behaviours of Angora rabbit fibre bulks were observed in the distilled water at three temperatures, 30, 45 and $60 \pm 2^\circ\text{C}$ respectively; the maximum pressure was 10.0 g/cm² in all cases. The results were compared with those of other literatures concerning to the felting.

(XXIX) COMPRESSION-RECOVERY BEHAVIOURS OF FIBRE BULKS
IN THE SOLUTIONS OF VARIOUS pH VALUES

Cyclic compression-recovery behaviours of Angora rabbit fibre bulks were observed under 10.0 g/cm² maximum pressure (at $30 \pm 1^\circ\text{C}$ and at pH 1.1~9.2). The results were compared with those of wool reported in the literatures.

(Received June 11, 1959)

第 XXVII 報 圧力の変化による繊維集団の繰返し圧縮挙動

1. 緒 言

フェルト化能力を持つ繊維集団は、作用する圧力によりその進行速度が異なることが知られている^{1,2)}。また、ある一定以上の圧力では圧力によらないことも知られている³⁾。著者らは帽子工業における初期の工程（手もみ作業で 1~10 g/cm² の圧力）の重要性から、低圧における圧縮挙動について調べた。著者らの用いた圧力範囲に

おいては、圧縮後回復せしめる折返し点の圧力、すなわち最大圧力の大きい程フェルト化速度は大きいと考えられるので、本報の結果からフェルト化速度の表現法についても知見がえられる。そこで種々なる因子を用いて進行状態を表わしてみた。なお圧縮回数によりほぼ挙動が定常になつたとき、最大圧力より小さな圧力で圧縮を中止し、回復せしめたときの挙動、および最大圧力以上の圧力を加えた時の挙動をも調べた。