(昭和39年9月22日受理)

羊毛フェルトに関する研究

第1報 ハードニングによる羊毛フェルトの形成

日本フェルト工業株式会社 清水昭二*・池上 登*

酒井啓吉*

甲南大学理学部応用化学教室 坂口康義**

第2報 縮充工程における繊維の挙動

第3報 縮充中におけるフェルトの3次元構造の変化

日本フェルト工業株式会社 清水昭二*・池上 登*

甲南大学理学部応用化学教室 坂口康義**

THE STUDY ON WOOL PRESS FELTS. (PART. I, II, III)
PART. I. FORMATION OF WOOL FELTS BY HARDENING.*By Shōji Shimizu*, Noboru Ikegami*, Keikichi Sakai*
and Yasuyoshi Sakaguchi***

* (Japan Felt Industrial Co., Ltd., Jōtō-machi, Himeji City, Hyōgo Prefecture, Japan)

** (Department of Applied Chemistry, Kōnan University, Higashinada-ku, Kōbe, Japan)

Laps of parallel-laid webs were used as materials and hardened by the plate hardening machine. During this process the area of laps showed practically no change, but their breaking strength by g/tex unit remarkably increased. These facts may be due to an increase of inter-fiber bonds in the direction of thickness of laps.

The plot of breaking strength vs. hardening time showed a sigmoidal-curve. This may be explained by a sharp increase of interlocking in an early stage of hardening process and a gradual increase of resistance for compression in the later stage.

Lateral breaking strength of the hardened felt is always lower than longitudinal one, while the ratio of the both strengths increased from 0.25 to 0.55 by hardening. This increase of the strength ratio may be due to an increase of fiber orientation in the width direction of the hardened felts. A prolonged hardening of felt is undesirable from the point of view of the quality of products.

PART. II. BEHAVIORS OF FIBERS IN MILLING PROCESS.

By Shōji Shimizu, Noboru Ikegami*
and Yasuyoshi Sakaguchi***

* (Japan Felt Industrial Co., Ltd., Jōtō-machi, Himeji City, Hyōgo Prefecture, Japan)

** (Department of Applied Chemistry, Kōnan University, Higashinada-ku, Kōbe, Japan)

The effect of uni-axial compression force during hand milling on the milling behaviours of wool felt was investigated. When milling force is applied to the length direction, the felt shrinks remarkably in this direction, while there is little or no shrinkage in the width. In this case, fibers in wool felt are re-orientated into the width direction with the progress of milling.

The breaking strength of the milled felt is greater in the width direction than in the length, while the breaking extension works opposite from this.

This may be caused by the fact that the fiber orientation in the width direction is higher than that in the length.

On the other hand, when milling force is applied to the width direction, the felt shrinks mainly in this direction, fibers in the felt are re-orientated into the length direction, and the breaking strength of the milled felt becomes higher in the length direction than in the width.

The longitudinal and lateral breaking strengths and breaking extension of the felts with the same degree of area shrinkage are little affected by the milling courses, but evidently affected by the degree of length and width shrinkage of the felts.

The felt of proper shrinkage of length and width showed nearly the same breaking strength and extension in longitudinal and lateral directions.

PART III. CHANGES OF THE THREE DIMENSIONAL STRUCTURE OF THE FELT DURING MILLING PROCESS.

By Shōji Shimizu*, Noboru Ikegami*
and Yasuyoshi Sakaguchi**

* (Japan Felt Industrial Co., Ltd., Jōtō-machi, Himeji City, Hyogo Prefecture, Japan)

** (Department of Applied Chemistry, Kōnan University, Higashinada-ku, Kōbe City, Japan)

The shrinkage of hardened felt during milling process was studied using a roller type milling machine. Relations between dimensional changes such as length, width and thickness in milling process and breaking strength, breaking extension and splitting resistance of the milled felt were also examined.

Up to 30-35% shrinkage of area (SA), contraction of the felts is caused mainly by the shrinkage in longitudinal direction. Above this AS, the rate of area shrinkage of the milled felts distinctly slows down, while the rate of shrinkage in width increases and thickness begins to increase. At this SA (30-35%), breaking strength of milled felt shows the maximum value, while its breaking extension shows the minimum value. Splitting resistance rises as SA is increased, and the rate of the increase becomes evidently larger above 30-35% of SA.

Assuming that breaking strength and splitting resistance are mainly affected by the degree of entanglement of wool fibers and the degree of fiber orientation, the experimental results are deduced that the degree of fiber orientation in the vertical direction would increase over 30-35% of SA.

(Received September 22, 1965)

第1報 ハードニングによる羊毛フェルトの形成

1. 緒 言

羊毛繊維をその先端から毛根方向へ摩擦すると、その逆方向の摩擦に比べて常に大きい摩擦抵抗を示す。このような指向性摩擦効果 (DFE) は羊毛繊維のスケール構造によるものであり、羊毛繊維のフェルティング性に対して最も重要な因子であると考えられている。Alexander らによると、フェルティングの過程は水分、熱等の存在下における機械的摩擦、圧縮、伸長の操作による

繊維の相対的な移動である。本研究は羊毛圧縮フェルト (以下単にフェルトと呼ぶ) の製造工程における羊毛繊維の移動に伴う繊維の配列とからみの変化に基づくフェルトの構造の変化を、機械的性質との関連において考察したものである。

フェルトの製造に際してはまず原料の混合と開毛が行なわれる。繊維は入念にカードしてラップとする。カードラップを適当な水分を含んだズックの間にはさみ、加熱した上下盤で加圧振動させることによつて羊毛繊維の

フェルト化が行なわれる。この工程は「ハードニング工程」と呼ばれる。

ハードニング後のフェルトはいわゆる縮充機に移され、上下（または前後）に運動する重いハンマー（またはその他の手段）により、所要の強度と密度が得られるまで衝撃が加えられる。この工程は「縮充工程」と呼ばれる。

縮充したフェルトは洗浄、（染色）の後「幅出し乾燥工程」に移される。フェルトに加わる力は洗浄、（染色）工程では主として長さ方向への伸長であり、幅出し乾燥工程では主として幅方向への伸長である。両工程は力の方向は異なるが一方向にだけ力が加わるという点では同じである。それゆえ、幅出し乾燥工程について検討するだけで、所期の目的には十分であると考えられる。幅出し乾燥後せん毛、プレス等の仕上げ工程があるが、この工程ではフェルトの機械的性質が大きく変化することはない。

したがって、本研究ではフェルト製造工程のうち「ハードニング」、「縮充」および「幅出し乾燥」の工程をとり上げて検討した。本報はこれらのうちのハードニングに関する研究結果である。

2. 実 験

2.1 原料およびラップの形成

64s メリノ羊毛（繊維長 2.5~3.8 cm）65% と 64s 羊毛ノイル（繊維長 1.0~1.5 cm）35% の調合原料を用いた。繊維のラップは、調合原料を製造工程カーディグマシンによりカードし、そのウェブをエンドレス状にラップフォーマに巻き取り、所定の厚さになったときに切り取って作成した。得られたラップは重さ 150~160g/m² であり、重さの不均一性が比較的小さく、長さ方向に繊維配列度の高い Parallel-laid web である。

2.2 ハードニングマシン

Fig. 1 に示すハードニングマシンを用いた。機械は上・下中空の金属盤から成り、この盤の中に蒸気を通して

加熱する。下盤は固定されており、上盤は偏心軸により 200 rpm の回転数をもって円運動する。円運動の半径（振幅）は偏心軸の偏心距離に等しく、可変である。上盤の重量による加圧力は 31 kg/m² であり、振動時間はタイマーによつて秒単位で調節出来る。

2.3 ハードニング

試料ラップから 40 cm×30 cm のハードニング用ラップを切り取り、一定量の水分を与えたブックの間にはさんだ。これを圧力、上・下盤の温度 (60±2°C)、盤の振幅 (2 mm) を一定に保つて、各種の時間ハードニングした。各時間に対して 2 枚ずつハードニングし、実験はランダムな順序で行なつた。なお予備実験の結果、ブックの種類がハードニング効果に大きく影響を及ぼすこと、本実験の条件では結果の再現性が比較的良好であることを認めた。

2.4 引張り試験

ハードニング後の各試料から、縦方向、横方向各 1 個ずつ 20 cm×5 cm（つかみ間隔 10 cm）の試験片を取り、各試験片とも JIS スナップゲージ（死荷重）で、ほぼ等間隔に 5 か所厚さを測定し、5 コのデータの平均値を各試験片の厚さとし、25 kg ショッパー型抗張力試験機を用いて引張り速度 30 cm/min で切断強度を測定した。本研究を通じて、測定は 24±2°C, 75±5% RH の比較的一定の条件で行なつた。

フェルト、不織布に関する最近の文献では、切断強度値を試料重量と関係づけたものが多い²⁻⁵⁾。フェルトの重量は正確容易に測定できるが、断面積は厚さの比較的大きいバラツキに伴ってばらつくので、本研究においても切断強度として、試験片の単位幅あたりの切断荷重 (g/mm) を単位面積当りの重量 (g/m²) で割つた値 (g/tex) を採用した。なお、フェルトの縮充、幅出し乾燥などによる機械的性質の変化を論じる場合には、単位面積あたりの重量がこれらの工程中に大きく変化するので切断強度を試料重量と関係づけることが一層有意義である。

3. 結果と考察

3.1 ラップの単位面積あたりの重量とハードニング時間との関係

ラップの単位面積あたりの重量のハードニング時間による変化を Table 1 に示した。この表から明らかなように、前述の重量は実験の範囲内では縦、横方向ともハードニングによりほとんど変化しない。この結果はラップの面積がハードニングによりほとんど変わらないことを示している。

3.2 切断強度とハードニング時間との関係

Fig. 1. Position of wool lap in the hardening operation.

Table 1. The relation between weight of laps per unit area and hardening times.

Hardening time (sec)		5	10	20	30	60	90	120	180	300
Weight of lap (g/m ²)	Longitudinal	176	172	179	188	174	180	179	176	182
	Lateral	177	169	177	189	176	170	188	188	178
	Mean	177	171	178	189	175	175	184	182	180

Fig. 2. Breaking strength of felts vs. time of hardening.

Fig. 2 にラップの切断強度とハードニング時間との関係を示した。前述のようにラップの面積はほぼ不変であるのに強度は著しく増大している。切断の機構については後に述べるが、ハードニング工程の際にラップは厚さ方向にかなり収縮し、この方向における繊維間の絡みとか、接触面積の増加に伴って繊維間力が増大したために、切断強度が増大するものと考えられる。

Fig. 2 の関係曲線は S 字形である。単純に考えると、繊維間力はラップの密度の 2 乗に比例するであろう。このために、初期においてはハードニングによる厚さ方向の収縮に伴って、強度が急速に上昇し、Fig. 2 の下にトツな曲線部分を生じたものと考えられる。しかしさらにハードニングが進むと、収縮に対する抵抗が大きくなり、収縮はある程度以上には進みにくくなるために、Fig. 2 の後期の曲線部分に見られるように、強度上昇の速度は次第に低下し、一定の強度値に近づくものと考えられる。

Frohnisdorff らもハードニングの後期においては強度上昇の速度が次第に低下することを認めているが、彼らはある時間以上ハードニングすると強度はかえって低下するという結果を得ている²⁾。本実験の場合にはこのような強度低下は認められなかったが、100 秒以上ハードニングを行なうと、フェルトの表面に「玉」と呼ばれる小さなまり状の羊毛繊維の塊りが生じ、フェルト表面が不均一になった。この玉は非常に強固であり、ハードニング以後の工程で除去することはほとんど不可能であ

る。これらの結果から、ハードニングは最高値に近い切断強度が得られる適当な時間にとどめることが、実際上望ましいと考えられる。

3.3 縦・横切断強度比

Fig. 2 からわかるように、縦方向の切断強度は横方向のそれよりも常に高い。これは疑いもなく用いたラップが Parallel-laid web であることによると考えられる。

Fig. 2 のデータから、強度比=(横切断強度)/(縦切断強度)×100 の値を算出し、これとハードニング時間との関係を Fig. 3 に示した。この図から明らかなように、強度比はハードニング時間とともにかなり上昇しており、また強度比上昇の様子は Fig. 2 の強度上昇のそれに似ている。

Fig. 3. Strength ratio (=lateral breaking strength/longitudinal breaking strength × 100) of felts vs. time of hardening.

本実験に用いた単繊維の強度は 9.0～15.3g/tex であり、得られたフェルトの強度は ~1.6g/tex 程度である。この様に単繊維の強度がフェルトの強度に比べて十分高い場合には、フェルトの切断は主として繊維同志の滑りによつて起こると思われる。繊維間力を支配する因子としては繊維の織度、繊維長、捲縮度、配列度、フェルト中の空間度などが考えられる。これらの中、織度および繊維長はハードニング中はほぼ不変であると考えられる。また初めの 3 因子の変化は横・縦強度比に直接影響しないと思われる。したがって強度の方向性に強く影響する因子としては繊維配列およびフェルト中の繊維密度すなわち繊維間隔が考えられる。しかし両因子は密接に関連しており、繊維がよく配列しているときは繊維間の間隔は小さくなると考えられる。それゆえ、切断強度の方向性は主として繊維配列の方向性に基づくと推定される。

以上の考えによると、ハードニング工程において、フェルトの面積はほぼ不変であるが、縦方向の繊維配列度の減少と横方向のその増加が起こり、このために横・縦強度比が増大すると結論される。またこのような繊維配列度の変化は、厚さ方向の繊維間力の変化とほぼ平行して起こると考えられる。しかし強度比は最初の約25%から約55%に変わる程度であり、その変化はあまり大きくない。後報する縮充工程においては、この値が10倍程度も変化する場合がある。

従来ラップやスライバの繊維配列度の測定法と表示法については数多くの研究があり^{6)~10)}、切断強度と関係づけた配列度の表示法も発表されている^{8)~10)}。前述のように、フェルトの横・縦強度比の値は繊維配列度の一つの尺度として用いうると考えられる。

4. 結 言

本報においてはフェルト製造の一工程であるハードニングについて検討した。原料ラップとしては Parallel-laid web を用いたが、この工程中にラップの収縮はほとんど厚さ方向のみ起こること、切断強度とくに横方向のそれが増大すること、過度のハードニングは品質的

にも好ましくないこと、などの結果を得た。またこの工程中の強度変化を、繊維間力と繊維配列度の変化の観点から少し考察した。次報においては、ハードニングに続く工程である縮充について報告する。

終わりに本研究の発表の許可をいただいた会社当局に謝意を表します。

文 献

- 1) P. Alexander, R. F. Hudson; *Wool, Chapman and Hall Co.*, p. 38 (1954)
- 2) R. S. M. Frohnsdorff, C. S. Whewell; *J. Soc. Dyers Col.*, 67, 142 (1951)
- 3) H. Dietlich; *Melliand. Textilber.*, 40, 591 (1959)
- 4) R. I. C. Michie, R. H. Peters and W. Taylor; *Text. Res. J.*, 33, 325 (1963)
- 5) 西本秀雄, 吉川勝郎; 日本ゴム協会誌, 33, 579 (1964)
- 6) 井谷和十郎; 繊維学誌, 9, 360 (1956) その他
- 7) 宇野 稔, 奥田尚道, 松村輝雄; 繊維学誌, 10, 639 (1957)
- 8) 藤野清久, 井谷和十郎; 繊維学誌, 13, 89 (1960)
- 9) E. Lipowsky; *Spinner und Weber*, 51, 1 (1933)
- 10) D. A. Ross; *J. Text. Inst.*, 51, T 240 (1960)

第2報 縮充工程における繊維の挙動

1. 緒 言

羊毛繊維のフェルト化に関しては多数の報告があるが^{1)~6)}、これらの多くはフェルト化の機構そのものについての研究であり、フェルトの製造に直接関連した研究は非常に少い。

著者らは第1報⁷⁾において、フェルト製造工程のうちのハードニングについて検討したが、本報および次報においては、これに続く工程である縮充について検討する。本報では縮充における縮充力(縮充処理中にフェルトに加わる一方向性の外力を、本研究では縮充力と味ぶことにする)の方向性がフェルトの(長さ/幅)寸法変化に及ぼす影響、この変化に伴う羊毛繊維の挙動および切断強伸度の挙動について検討した。

2. 実 験

Fig. 1. The method of hand milling.

2.1 試 料

第1報で述べたラップから 2.0m×2.0m を切断し、製造工程ハードニングマシンでハードニングして縮充用試料とした。ハードニングの時間は 60 秒であり、その他の条件は第1報と同じである。このようにして得られた試料は、ハードニング効果の不均一性が小さい。

2.2 縮 充

Fig. 1 に示すように、縮充はすべて手縮充によつた。ハードニング上りフェルトを縮充剤で湿らせてからズックで巻いて洗たく板の上に置き、手で押えてころがすようにもんだ。ラップの縦(機械)方向に回転力を加えた場合をタテ方向縮充 (Fig. 2-A), 横方向に縮充力を加えた場合をヨコ方向縮充 (Fig. 2-B) と呼ぶ。したがって、Fig. 1-a の矢印の方向をラップのタテ方向とすると、

Fig. 2. Lengthwise milling (A) and cross milling (B).