

論文

金属繊維を活用した立体構造織物の開発

樋口明久^{*1)} 山本悦子^{*1)} 飯田健一^{*2)} 棚木敏幸^{*3)} 森河和雄^{*4)}

Development of a type of three dimensional fabric using metallic fibers

Akihisa HIGUCHI, Kenichi IIDA, Etsuko YAMAMOTO, Toshiyuki TANAKI and Kazuo MORIKAWA

Abstract Three dimensional fabrics are developed in regard to their thickness and heat resisting properties in order to overcome defects in surface combustion burner mats that use paper dryer furnaces, such as glass processed furnaces and food heater furnaces. Shrinkage yarn is twisted from metallic yarns and water-soluble shrinkage yarns. The non-shrinkage yarn makes use of twisted union yarn of metallic yarns and water-soluble non-shrinkage yarns. As a result of performing weaving operations that make use of combination weaving, it become feasible to produce fabrics superior in high-density and shape stability to corrugated paper construction. We propose that these fabrics will be used as materials.

Keywords Three dimensional fabrics, Metallic yarns, Surface combustion burner mats

1. はじめに

ボイラー吸収式冷温水器，乾燥炉，ガラス除冷炉，食品加熱用バーナーなどに使用されている金属繊維製品の表面燃焼バーナー用マットは，低CO性，低騒音性，高放射効率等を有し，幅広い分野に使用でき，需要が極めて大きい。従来品の金属繊維マットは，主に金属短繊維の不織布焼結体を使用しているが，短繊維をランダムに重ねているため，積層密度にバラツキがあり表面温度にむらが発生する傾向があった。また燃焼時に金属繊維カスが飛散し不良品が発生してしまう等の問題点があった。

そこで，金属長繊維の織物でマットに適した構造物が出来れば，これらの問題点が解決できる可能性があるため，金属糸と水溶性収縮糸を撚り合わせ，水溶性収縮糸の収縮力で段ボール状の立体構造となる織物の製造技術確立した。また，これらを表面燃焼バーナー等への活用法を検討し，産業資材への展開を図った。

2. 試験方法

2.1 織物立体構造化の原理

立体化の原理は，図1に示すとおりである。織物は，3層以上の多層組織で構成し，表裏面層のたて糸に収縮糸，芯層のたて糸に非収縮糸を用いて，製織及び熱水処

理を行った後，収縮糸の収縮力により，非収縮糸を立ち上げた。表裏面層のたて糸を収縮後，芯層の立ち上げ角度が60°以上を確保できれば，織物に厚みが得られ立体化される。この角度を得るには，表裏面層のたて糸を50

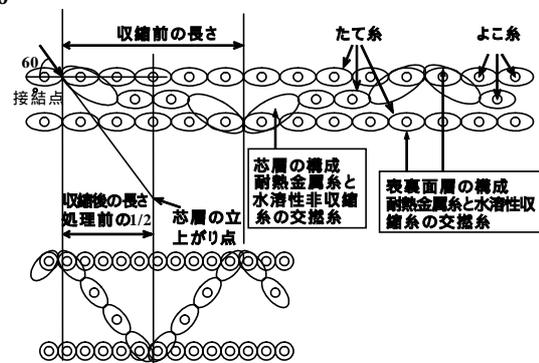


図1 立体化の原理(三重組織の場合)

表裏面層のたて糸には，耐熱金属糸と水溶性収縮糸の交撚糸を使用し，芯層には，製織性の向上と架橋構造を強固にするため，耐熱金属糸と水溶性非収縮糸の交撚糸を使用した。

2.2 使用原料

耐熱金属糸には，撚糸工程での巻取張力や製織工程でのたて糸高張力に耐えると伴に，加工性も要求される。

そこで，市販のステンレス糸を用いて，JIS L 1073 による引張強さ，伸び率及び，純曲げ試験機(KES-FB2)を用いて曲げ剛性を測定し，線径の選択を行った。

2.3 撚糸試験

撚糸機には，積極的に撚りをかけられるリング加撚機

*1) テキスタイル技術グループ(八王子分室)

*2) テキスタイル技術グループ(生活科学グループ)

*3) 表面技術グループ(技術試験室)

*4) 表面技術グループ(加工技術グループ)

構を有する合撚糸機を用い、耐熱金属糸と水溶性収縮糸の交撚糸を試作した。表1の撚糸条件で撚り数や収縮糸撚り合わせ本数を変化させ、JIS L 1073 による熱水カセ収縮率の測定や収縮後の糸形状を検討した。

表1 撚糸条件

| | | | |
|------|----------------------|----------|----------|
| 撚糸機 | リング加撚機構の合撚糸機を採用 | | |
| 巻取張力 | 0.7N/yarn | | |
| 撚り数 | Z105 回/m | Z199 回/m | Z294 回/m |
| | Z423 回/m | Z541 回/m | Z613 回/m |
| | Z698 回/m | Z798 回/m | Z917 回/m |
| 撚り方 | 耐熱金属糸1本と水溶性収縮糸1~5本片撚 | | |

2.4 製織準備の検討

交撚糸の整経は部分整経機を用いて、ポピンからの糸の引き出し方法等の問題点を検討した。

2.5 製織試験

2.5.1 製織装置

複雑な多層組織構成の織物を製造するためには、張力差があるたて糸を個々に制御する必要があった。

織機には、操作性を考慮して片側レピア織機を用い、たて糸運動や交錯率の差異による、たて糸の張力変化に対応できるように、たて糸の送出量をビームごとに変化可能な四重の電動送出装置を用いた。開口装置は、たて糸の運動が確実にできるドビー装置を用い、特に組織作成や組織替えが簡単に行える電子制御装置を取り付けて使用した。よこ糸供給装置には、糸のピレやカール発生の抑制及び安定した給糸を行うため、ピレ防止装置と電動フィード装置を使用した。織物設計は表3に示す。

2.5.2 オサ摩擦試験

安定した製織を行うため、YSS 式摩擦抱合力試験機を改造して、交撚糸とオサの摩擦による影響を検討した。

測定条件は、表2に示すように製織時のオサ打運動に近似させて、交撚糸とオサとの角度を変化させ、糸を前後に動かし、切断までに要した時間により評価した(図2)。

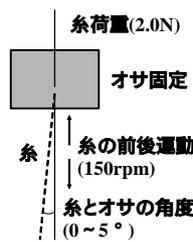


図2 オサ摩擦試験

表2 オサ摩擦試験の測定条件

| 条件 | 速度 (rpm) | 糸張力 (N/yarn) | オサのストローク (mm) | 糸とオサの角度 (°) |
|-----|----------|--------------|---------------|-------------|
| 製織時 | 120 | 1.7 | 115 | - |
| 計測時 | 150 | 2.0 | 40 | 0~5 |

2.5.3 織物組織

芯層の織物組織には架橋構造を強固にするため平組織とし、表裏面層にはたて糸収縮力の向上を図るため平組織より組織点の少ない1/3斜文組織を用いて、接結組織

より各層を部分的に接結した。収縮後の織物バランスを考慮して、表裏面層と芯層の構成比率を1:2とした。

2.5.4 よこ糸打込本数

よこ糸には、よこ方向の高密度化を図るため、試作した交撚糸の2本諸撚糸を使用した。よこ糸打込本数は、10本/cmから織機上、製織可能な35本/cmまで変化させて試織し(表3)、製織性を検討すると共に70の熱水で処理し、JIS L 1096による織物の寸法変化試験を行った。

表3 織物設計

| | |
|-------|--------------------|
| 織機 | 片側レピア織機 四重電動送出装置付 |
| たて糸張力 | 1.7N/yarn |
| たて糸密度 | 42本/cm |
| よこ糸密度 | 10~35本/cm(2本諸撚糸使用) |

2.6 熱水処理試験

織物の収縮及び水溶性糸の溶解には、図3の熱水処理板を用いて、上下の板にコマを挟込みの空間を形成し、その中に織物を設置して板を十分に締付け、表4の条件で板ごと浴槽に浸漬し熱水及び沸騰水処理を施した。

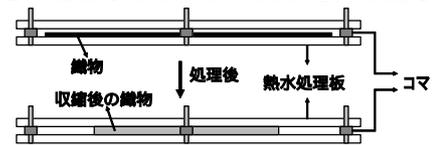


図3 熱水処理試験

表4 熱水処理条件

| | |
|-------|---------------------------|
| 熱水処理板 | ホリカーホネット製 1110×910×5mm 2枚 |
| 処理方法 | 上下の板にコマを挟込み空間を形成 |
| コマ寸法 | 2.5mm,5mm,10mm 組み合わせ自由 |
| 熱水処理 | 温度70 10min 浴比1:30以上 |
| 沸騰水処理 | 温度100 30min 浴比1:30以上 |

2.7 圧縮試験

熱水及び沸騰水処理により立体化した織物の評価は、圧縮試験機(KES-FB3)を用いて、表5の条件で圧縮特性を測定した。

表5 圧縮試験の測定条件

| | | | |
|-------|------------------|------|----------------------|
| 加圧面積 | 2cm ² | 標準圧力 | 2254N/m ² |
| ストローク | 50mm | スピード | 0.2mm/sec |

3. 結果と考察

3.1 使用原料の選定

表6に示すように線径57μmであれば、撚糸巻取張力0.9Nや製織たて糸張力1.7Nに耐えると共に、80μmや100μmと比較して、曲げ柔らかいため、撚糸加工も容易に行えると判断し、耐熱金属糸には、線径57μmに近似した60μmの糸を使用した(表7)。

収縮糸には、表7に示すように立体構造化の原理に基づき、製織・熱水処理後に生じる50%以上の強い収縮や

沸騰水処理後に耐熱金属系 100%の組成にするため、水溶性で高収縮の糸とした。

表6 市販のステンレス系の物性値

| 線径 (μm) | 引張強さ (N) | 伸び率 (%) | 曲げ剛性 ($\text{nN}\cdot\text{m}^2/\text{yarn}$) | 曲げヒステリシス ($\mu\text{N}\cdot\text{m}/\text{yarn}$) |
|-------------------------|-------------|------------|--|--|
| 18 | 0.2 | 22.1 | 2.5 | 0.1 |
| 30 | 0.7 | 29.6 | 6.5 | 0.4 |
| 57 | 2.6 | 30.9 | 85.3 | 7.0 |
| 80 | 4.2 | 44.5 | 179.3 | 23.0 |
| 100 | 6.7 | 53.6 | 398.9 | 53.0 |

表7 使用原料の織度と特徴

| 糸種 | 織度と特徴 |
|-------|--------------------------------|
| 耐熱金属系 | 線径 60 μm 耐熱温度 1,350 |
| 水溶性系 | 84dtex 高収縮タイプ(収縮率 65%) |
| | 110dtex 非収縮タイプ |

3.2 撚糸技術

撚り数や水溶性収縮糸本数の関係を検討した結果、図4、図5に示すとおり、交撚糸の熱水力セ収縮率は、撚り数の増加や収縮糸本数の減少に伴い収縮率が減少し、撚り数 613 回/m を越えると糸が縮みにくくなり、50%以上の収縮が得られなかった。これは、交撚糸の撚り応力が収縮力を上回ったためと考える。

また撚り数や収縮糸本数の減少に伴い耐熱金属糸の自由度が増し、交撚糸から糸が角糸状に飛び出した。そこで、収縮後の糸の飛び出しを 1.5mm 以下に抑制するには、撚り数 541 回/m、収縮糸 3 本以上にする必要があった。

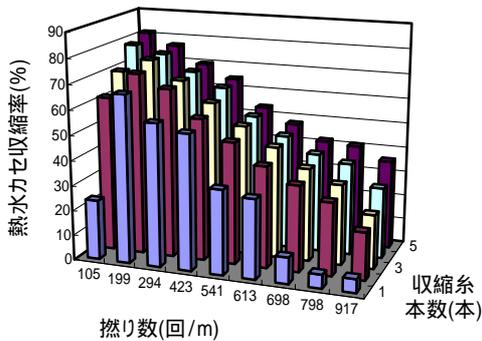


図4 撚り数と収縮糸本数と収縮率の関係

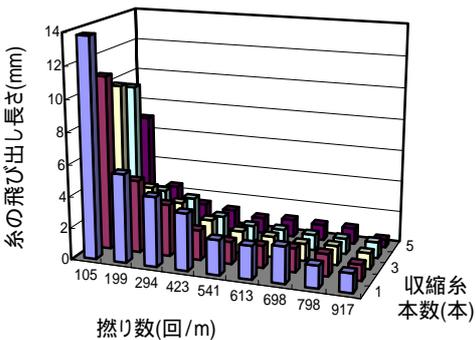


図5 撚り数と収縮糸本数と糸の飛び出しの関係

3.3 製織技術

3.3.1 整経技法

整経は通常のポビン引出方式で行うと、糸に解じょ撚り(回/ポビン周の単位長さ)が加わる。

耐熱金属糸は水溶性糸などと比較して、曲げ回復性が悪いので、解じょ撚りでねじれた部分にキックが発生した。キックは張力が加わっても元に戻らず、表8に示すように強度及び伸び率が低下するため、製織工程において糸切れや毛羽立ちの原因となる。従って整経の糸出しは、ポビン転がし方式で行う必要があった。

表8 使用原料の物性値

| 糸種 | 引張強さ (N) | 伸び率 (%) | 曲げ剛性 ($\text{nN}\cdot\text{m}^2/\text{yarn}$) | 曲げヒステリシス ($\mu\text{N}\cdot\text{m}/\text{yarn}$) |
|---------|-------------|------------|--|--|
| 耐熱金属糸 | 2.1 | 15.7 | 45.9 | 7.4 |
| 金属系キック部 | 1.0 | 0.7 | - | - |
| 水溶性収縮糸 | 3.9 | 11.7 | 1.5 | 0.1 |
| 水溶性糸 | 4.2 | 22.4 | 1.6 | 0.2 |

3.3.2 製織技法

製織時にマイコン制御による四重送出装置を用いることで各たて糸を一定の張力で送り出すことができた。また、よこ糸の給糸装置にビレ防止装置を加えることで、安定した給糸が行えた。

よこ糸打込本数 10 本/cm を想定すると、ソウコウから織前までの製織に約 1 分間、35 本/cm では 3 分 30 秒間かかる。図6のオサ摩耗試験結果の示すとおり、交撚糸はオサで角度が 4° 以上付くと、1 分前後で水溶性糸のみが摩擦で毛羽立ち、オサ詰まりや糸切れが発生した。そこで、たて糸のビームから織機に至るワープラインを可能な限り直線上に置く必要があった。

さらに、よこ糸打込本数が 40 本/cm を越えると、オサとの角度にかかわらず、オサ打ち応力により、糸切れする傾向を示した。これは、織物の交錯力が強固になり、糸の伸縮性が低下したためと考える。

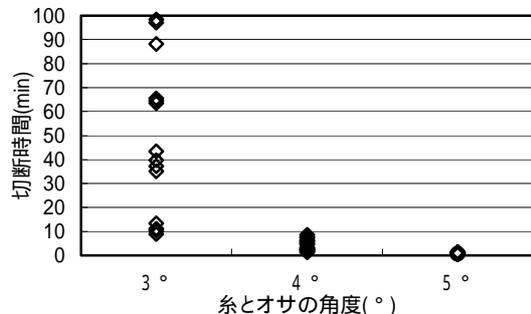


図6 糸とオサの角度と摩擦の関係

3.3.3 よこ糸打込本数と織物収縮率

織物のよこ糸打込本数と熱水収縮率の関係は、図7に示すとおり、よこ糸打込本数の増加に伴い、たて・よこ方向の収縮率が減少した。これは、織物の高密度化にと

もない、その交錯力が糸の収縮力を上回ったためと考える。また、立体構造化の原理に基づき、たて方向に50%以上収縮させ、高密度の織物を得るには、よこ糸打込本数を30本/cmにする必要があった。

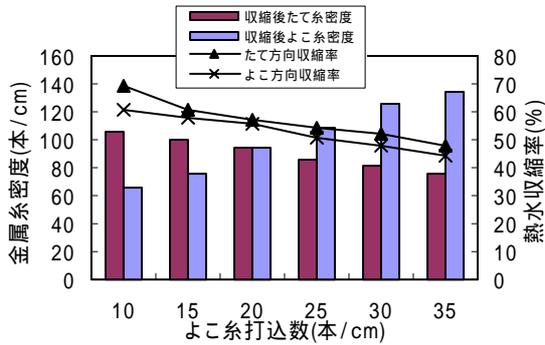


図7 よこ糸打込本数と糸密度と収縮率の関係

3.4 熱水処理技法

熱水処理板を用いて、織物を熱水処理する工夫により、交撚糸から金属糸が角糸状に飛び出すのが、織物の内側になり、織物表面の凹凸が平坦になった。また、立体化により生じる織物の厚さや収縮率をある程度制御することができた。しかし図8に示すように、収縮後の織物の厚さを考慮せず、板の隙間を狭めすぎると織物のたて・よこ方向の収縮率が減少し、目標の収縮率や良好な立体化形状が得られなくなる傾向を示した。

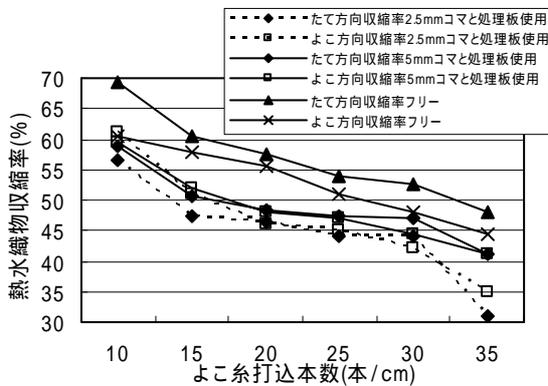


図8 熱水処理板の隙間と収縮率の関係

3.5 立体構造織物の圧縮特性

熱水処理により立体化した織物は図9の圧縮試験結果の示すとおり、よこ糸打込本数の増加に伴い、圧縮しに

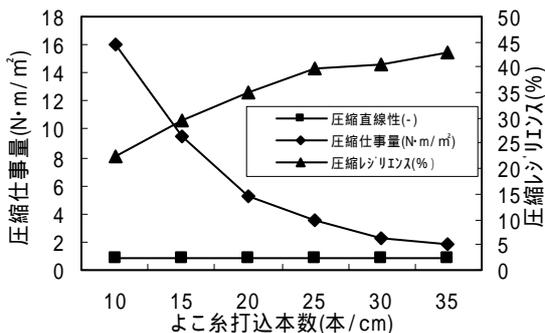


図9 よこ糸打込本数と圧縮特性の関係

くくなり、回復性も向上した。これは、高密度化により芯層の架橋構造が強固になったためと考える。さらに、打込本数が20本/cm以下になると圧縮応力を吸収できず、芯層が座屈する傾向も示した。

3.6 産業資材への利用

製造した立体構造織物(図10)は、耐熱性・厚さ・高密度・形状安定性・圧縮回復性などの性能を有しており、各種産業資材への利用が期待できる。また、表面燃焼バーナー用マットのように、ふく射伝熱で被加熱物を処理するには、上記性能以外に緻密性も要求されるため、織物製造技術を基礎として、立体構造の空隙に糸を織込むことで、マットへ活用できる見通しが得られた(図11)。

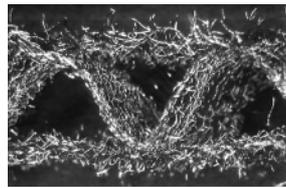


図10 立体構造織物断面

図11 バーナー用織物断面

4. まとめ

耐熱金属糸と水溶性収縮糸を組み合わせ、多層組織を応用した立体構造織物を開発するため、立体構造化の原理及び、撚糸・製織準備・製織・熱水処理技術を検討した。その結果を基に、表面燃焼バーナー用資材への活用を試み、次の結論を得た。

- 1) 立体構造化の原理は、3層以上の多層組織で構成し、表裏面層のたて糸に収縮糸、芯層のたて糸に非収縮糸を用いて、熱水処理を施し、収縮糸を50%以上収縮させ、非収縮糸を60°以上立ち上げ、織物が立体化される。
- 2) 耐熱金属糸と水溶性収縮糸の撚糸条件は、撚り数541回/m、水溶性収縮糸3本であれば、糸自体を50%以上収縮可能であり、収縮後の糸形状も交撚糸から耐熱金属糸が角糸状に飛び出すのを1.5mm以下に抑制できた。
- 3) 交撚糸の整経は、ポビン転がし方式で行うことで、キクの発生を抑制できた。製織は、たて糸のビームから織機に至るワープラインを直線上に置くことで、オサとの摩擦で生じる毛羽立ちや糸切れを抑制できた。
- 4) 織物の高密度化や形状安定性は、よこ糸に交撚糸2本諸糸を用い、よこ糸打込本数30本/cmであれば、織物表面層をたて方向に50%以上収縮でき、圧縮時の座屈に耐えうる織物が得られた。
- 5) 熱水処理時に生地を板に挟込む工夫により、たて・よこ方向の収縮率や織物表面形状を制御できた。
- 6) 立体構造の空隙に糸を織込むことで、厚みや緻密性を有する表面燃焼バーナー用の立体構造織物が製造可能となった。

(原稿受付 平成16年8月6日)