

3.3 繊維染色業における省エネ診断ガイドライン

3.3.1 基本項目

(1) まえがき

繊維製品の製造は、原料そのものの製造から、素材製造、最終消費品の製造まで多岐にわたっている。人類の長い歴史の中で、繊維製品の製造は、もとは自然界から得られる素材を原料としていたが、これらの素材を長い歴史の中で人為的に選別、改良を重ね今日の天然繊維と区分される範疇の素材が世界的に共有化されてきた。18世紀のヨーロッパで起こった産業革命は、当時発明された蒸気機関を繊維産業に適用することから始まった。その後これら天然繊維を使用する繊維産業に幾多の機械装置が発明、開発され高品質な繊維品の大量生産に寄与してきた。

二度にわたる世界大戦では、天然繊維の安定的供給が阻害され、結果として天然素材に依存しない化学繊維の発現を加速させた。1930年代のビスコースレーヨンに始まる人造繊維の発明は、従来の天然素材に依存せずに、人類の手で新たな繊維素材を作り出すことを可能とした。

さらに第二次大戦前後に開発された合成繊維は、有機合成による高分子製造という新たな産業を創生させた。1960年以降に企業化された各種合成繊維の出現は繊維製品の製造工程を大変複雑なものとした。新たな繊維の出現と平行し繊維製品の旺盛な需要に応えるべく、製造・加工装置の発明、開発は今日も営々と継続されている。日本での自動車産業の多くは繊維製品製造装置メーカーがルーツであり、今日も繊維製品製造装置メーカーでもあり続けている。

繊維製品の製造の源は、人の手作業でありさらに天然物の助けを借りた加工法であった。しかし、産業革命以降は、石炭をエネルギー源とする産業に変貌し、今日では各種のエネルギーを多用する産業の一つになっている。また、合成繊維製造は、今日では石油化学プラントで製造され、エネルギーとは別に製造原料として大量のナフサが使用され、原油消費の一端を担っている。

繊維製品の製造を分類する方法はいくつかあるが、産業のサブセクター分類として素材製造を源として最終消費製品を下流とする考えに立った区分が一般的である。それは以下に区分される。

- 1) 人造繊維製造業木材パルプを原料としてビスコースレーヨン等の化学繊維製造業。ナフサを原料とする石油化学からポリエステル、ナイロン、アクリル繊維を製造する合成繊維製造業。

なお、これら人造繊維に付加価値を高める加工(テキスチャライズ)も重要な業種である。

- 2) 紡績業

木綿、羊毛等の天然繊維単独、または人造繊維と混合して糸製造業。

3) 織布、編組業

上記の 1) または 2) で製造された糸を使用して織編物(テキスタイル)、紐類の製造業

4) 染色加工業

上記の 3) で製造された布地や編み地(その他ワタや糸もある)に染色やプリント、機能加工を施す加工業。

5) 縫製業

主に 4) での染色加工されたテキスタイルを裁断、縫製を行う消費製品製造業

以上の代表的な 5 業種が作り出す製品は、それぞれが商品として国内外で売買されており、中には国際商品として取引が行われているものもある。これら 5 業種には、素材や用途に合わせた製造工程が存在し、世界標準的な製品としては合成繊維糸や紡績糸があるが、全体の数パーセントである。これら標準品にあってもその製造法は同一でないことが多い。

従って銑鉄やセメントのように単位あたりのエネルギーを示す原単位は存在しない。しかし、マクロ的に変化を見るために総エネルギー消費量を総生産量で除して単位あたり消費エネルギーを算出し便宜的に数値化する試みは、企業内や国家統計で採用されていることがある。しかし工場で複数の製品を製造していることも多く、数値の取り扱いには注意を要する。

(業態が類似のサブセクターでの比較は有効な手段であり、事業者間の乖離の分析を行うことも省エネ推進には有効な手段である。分析資料が製造プロセス毎でない場合には活用に限界がある)。

(2) 繊維産業のサブセクター別エネルギー消費と省エネのポイント

上記の 5 つのサブセクターでのエネルギー消費の特徴を表 3.3.1-1 に示す。

表 3.3.1-1 エネルギー消費からみた繊維産業サブセクターの特徴

	合成繊維	紡績	織布・編み	染色加工	縫製
電力	◎	◎	◎	○	○
熱エネルギー	×	×	×	◎	×

織布においては糊付け(Sizing)工程で若干の乾燥用熱エネルギーが使用される。

この表から明白なように、染色加工業以外では、電力が主として用いられている。この電力消費の大部分は動力用のモータであり、一部は圧縮空気用のコンプレサー動力である。

しかし、染色加工業では場内で大量の熱エネルギーが使用されていることもあって、工場内全体の空調は換気扇利用が一般的である。しかし、合繊製造や紡績、織り編み、縫製では温湿度が製品品質を左右するために大がかりな空調設備を必要とし、「イ」国では大型チラー(電気式、重油エンジン式)が必須条件となっており、この設備の更新が省エネ率

の向上に大きく寄与している。

1) 合成繊維装置の省エネ

合成繊維製造ならびにその糸加工 (Textured yarn) では、電気ヒータで熔融された原料ポリマーを徐冷しながら延伸する工程や糸加工において、加撚された糸の形状保持に電気ヒータが使用される。これらの加熱機構はコンマ 1℃の単位で制御が求められるので、その精度での制御には電気ヒータが最適である。また、初期の合成繊維製造は、高純度な高分子粒 (Polymer chip) を一度製造し、その高分子粒を再度熔融して紡糸を行っていたが、今日では高分子重合後に樹脂硬化を防止するために紡糸装置で加温しながら、延伸紡糸を行っている。(直紡方式) これにより樹脂化したチップを再熔融するエネルギーが不要となり大幅 (50%以上) の省エネ化が図られている。「イ」国の合成繊維製造形態は日本の現地合弁と民族系の 2 つがあるが、日系企業では直紡方式が採られていると思われるが、民族系は不明である。直紡方式への切り替えは省エネ効果も大きい投資金額が大きいので実現には財政上のバックアップの仕組みが必要と考えられる。なお合成繊維製造業では、一瞬の停電でも紡糸ノズルの硬化・目詰まりになり生産に壊滅的被害をもたらすために、自家発電は必須条件である。「イ」国ではこの自家発電が重油でまかなわれてきたが原油高騰により石炭火力発電または天然ガスによるガスエンジンへの転換がなされつつある。

2) 紡績装置の省エネ

1990 年代以降に製造された紡績装置では、多くの回転運動の高速化を行うことにより生産性を高め、結果的に単位製造当たりの省エネにつなげている。おもな改善点は、重い金属素材 (鉄や真鍮) を軽量な素材 (アルミ、エンブラ) に変えることによるモータ負荷の低減や、直径の大きな回転体の直径を小さくして慣性モーメントを下げたことで起動や停止が迅速に行えることによる無駄な運動エネルギーの削除と、歩留まりの向上により省エネが図られている。

最近の回転体制御にはプーリや V ベルトを使用する減速装置から、インバータ制御に切り替わり、減速機での動力エネルギーの無駄が排除され、電力の省エネに大きく寄与している。さらに品種毎の製造条件の最適化が容易に行えることによる歩留まりのアップや切り替えロスタイムの減少は、照明や空調関連のエネルギー消費の減少につながる。この省エネ効果は 20%前後であり投資金額も大きく、電力単価が安いとその普及はおぼつかない。「イ」国では従来は電力単価が安価であったためにこの種の投資は余り行われてこなかった。に紡績業では停電により、生産の停止と不良品の発生が増加することから一般に重油ジーゼル方式による自家発電装置を備えており、製造設備をすべて自家発電で賄う企業と、停電時のみ主要部分に自家発電で対処する企業が有る。重油価格の高騰から自家発電を停止し、PLN からの売電に切り替えを検討しているが、PLN の電力単価上昇が予測されることから、高価な重油以外の自家発電設備の導入を検討している企業がある。

3) 織布編み機の省エネ

a) 織布装置の省エネ

織布工程では、1980年代から先進国で急速に採用が増加したのが無杼織機(Shuttle less loom)である。

従来の織機では、緯糸は「杼」と呼ばれる木製の舟形をしたケースの中に納められており、この杼が経糸の間を高速で往復することで織物が製造される仕組みであった、またこの緯糸が使い切られてしまうと、予備の杼に自動的に引き継がれる機構が「トヨタ」の創始者である豊田佐吉氏により発明され豊田式織機は国内外に広く普及した。しかし、数グラム糸を経糸と直角に移動させるために1kg近い杼を往復移動させることは大変なエネルギーの無駄であり、生産性を上げるための大きな障害になっていた。杼を無くして糸だけを移動させるシステムは、織機メーカーの20年近い研究を経て開発された。この無杼織機(革新織機とも呼ばれる)の出現で生産性は最大で従来の10倍以上となり、単位時間当たりのエネルギー消費量は2倍程度に増加しているものの、生産原単位からすれば80%の省エネを達成している。無杼織機には以下の方式がある。

- グリパー方式(糸をグリパーと呼ばれる小型の金属製クリップに糸を掴ませて高速で打ち出すシステム)
- ウォータージェット方式(細いノズルから噴出する水流で糸を飛ばすシステム、ただし水分を含まない合成繊維にのみ対応できる)
- エアージェット方式(高圧の空気流で糸を飛ばし、さらに糸を遠方に移動させるために糸の進行方向に空気流で糸をサポートさせながら布端まで移動させるシステム)
- レピア方式(細長い金属棒が糸をつかんで走行し、途中で反対方向から繰り出された同じ金属棒に糸をバトンタッチして布端まで搬送する。バトンタッチし終えた金属棒はすばやく元の位置に戻る。この金属棒は細い針金につながれて左右動を繰り返しているシステム)

これら無杼織機は、従来の有杼織機に比較して大変高価であるために、多くの資本を必要とする。先進国では生産性と省力化が同時に行えることから1980年代以降急速に普及したが、途上国では普及のテンポが遅い。しかし、その生産性が高いことおよびそれに伴う省エネ効果が大きいために設備費償却が早く行える事から大企業から順次普及しつつある。

なお、織布生産ではサイジング(Sizing)と呼ばれる経糸の糊付け工程がある。ここには高粘度の糊剤を経糸に含浸させ、水分を蒸散させる乾燥工程がある。以前のサイジング装置は高粘度の糊剤を糸に付け、余分な糊剤を掻き取る方式であったが、フッ素系高分子剤の発達により、余剰の糊剤を除くのに、掻き取り方式からローラーで搾る方式に変更した結果、水分の持ち込み量の減少から乾燥効率がアップし、省エネにつながっている。

「イ」国では無杼織機への転換が今後とも進むと予想されるが、この種の織機は停電があるとその後のスタートに手間取ったり、停台箇所が不良品になったりすることから、自家発電装置の設置が必須条件となる。

b) 編み機の省エネ

織機と並んでテキスタイル製造の一翼を担っているのが編み機である。編み機には経編みと横編みがある。この中でも肌着を始めとしたカジュアルシャツ類は今日その伸縮性の大きさから着心地が良い横編みが主力となっている。この横編み装置には、セータ等を編む横型編み機と織布生地と同じ裁断方法で製品が作られる丸形横編み機(通常は丸編み機と呼ばれる)がある。この丸編み機はシリンダーと呼ばれる円形の金属基盤に編み針が装着され、シンカーと呼ばれる針を上下させる機構がシリンダーの周囲を回転するようになっている。丸編み機は、1960年代までは直径が40cm程度のものが主流であったが、金属加工の高精度化が進むにつれその直径が徐々に大きくなり現在は直径が1メートルを超えるものまで量産化されている。直径が大きくなると生産性は幾何級数的に増大し、ほぼ同じ大きさのモータで3~4倍の生産ができるために電力消費量は50%以上削減が図れる。

ただし、加工装置の幅の制約から極度に大きなサイズは特殊な用途以外には不利な面もあって直径1.5メートル前後のものが広く普及しつつある。丸編み機の直径の増大は、主として縫製段階で幅の広いテキスタイルが歩留まり(要尺と呼ばれる)が良いために望まれたものであり、省エネや生産性の向上はその副次的効果である。丸編み機の大口径化も投資を必要とするために、大企業からの切り替えがスタートし、中小企業に普及するパターンをたどっている。

4) 染色加工装置の省エネ

染色加工は、繊維のサブセクターの中で唯一、電力以外の熱エネルギーを多用するプロセスである。その主な熱源はボイラーからの蒸気である。ボイラー熱源は従来では重油が主力であったが、原油高騰から石炭、天然ガス、バイオマス等に転換が行われつつある。特に「イ」国では石炭、それも低品位の石炭が主流になっている。天然ガスの供給が受けられる地域ではそれへの転換が進みつつある。特に「イ」国の特徴である紡織加工一貫型工場では、石炭火力による発電と発電後の低圧蒸気を加工設備の熱源に使用するコージェネシステムや天然ガスによるガスエンジンとそれから出る熱水回収や廃熱回収吸収式冷凍機によるコージェネシステムの導入が見られる。この方式はエネルギーが無駄なく使用できることから、サブセクターが分割されている中国やタイと比較してエネルギーコスト削減優位性が期待できる。

染色加工における電力は、主に駆動用モータで消費される。(大小様々なモータが使用されている。)このモータは、定速回転操作のものは少なく、多くが速度制御を必要とする。

古い装置では物理的な変速装置やDC制御、水量や風量調整はバルブやダンパーでの制御を行っているが、2000年以降に製造された装置では、これらの回転制御や流量制御は全てインバータ制御方式に取って代わられて大幅な電力消費減がなされている。個々の設備の新旧のエネルギー消費比較は次章でより詳細に述べる。

なお染色加工業のボイラーについて、ボイラー専門家からはその燃焼効率の悪さを指摘されることがしばしばある。しかし、染色加工業での蒸気の使用量は常に大きく変動しており、

最適の空燃比を保持し続けることは不可能である。そのために日本国内では小型のパッケージボイラーを数台から数十台を並列設置し、蒸気圧の変動に併せて運転台数を制御するシステム(分散ボイラーシステム)の導入が大々的に実施され、都市ガス供給が受けられる地域の染色加工業では大半の企業がこの切り替えを行っている。さらに最近では LNG の搬送が可能となり、都市ガス供給外地域での分散ボイラーシステムの導入が増加しつつある。このシステムでは個々のボイラーは、最高の燃焼効率で運転されるために省エネに大きく寄与している。「イ」国においては分散ボイラーへの転換はまだなされていない。

二酸化炭素発生削減の視点からも、この分散ボイラー方式は大変効果的である。しかし、「イ」国の染色加工業が近年選択している石炭ボイラーへのシフトは、この流れには逆行するものであり経済性優位が先行していることは自然の流れではあるが憂慮される事態である。

5) 縫製装置の省エネ

縫製設備は、型紙作成用のプロッター、布地を縫製テーブルに展開する延反装置、布地を裁断するカッター、縫製用のミシン、刺繍装置等である。これらはいずれも 0.25kW 以下の小型モーターが主力であるが、これら装置での総電力量は小さい。縫製業におけるエネルギー消費の多くは、照明と空調設備であって商業ビルと同様の手法で省エネを図ることができるが、商業ビルと比較するとミシン等からの発熱や、フロア当たりの人員密度が高い。

(3) 繊維産業におけるサブセクター別の省エネポテンシャル

前項では、繊維産業のサブセクター毎のエネルギー消費構造について概観した。統計データの採取法により振れはあるが、直接的なプロセスでのエネルギー消費の多寡は概ね以下の順位と考えられる。(1)染色加工, (2)合成繊維製造, (3)紡績, (4)織布, (5)縫製

「イ」国での繊維産業におけるサブセクター別のエネルギー消費の占有率については統計データがないため、ここでは我国および他国の事例をもとに、染色加工(40%)、紡績(20%)、織布(15%)、合繊製造(15%)、縫製・その他(10%)と仮定する。

これらの分野の省エネポテンシャルを、大規模投資を行わない改善レベルのもの(概ね 2015 年までに達成可能)と、大型新規投資を含むもの(2025 年達成目標)に分類すると、省エネ達成ポテンシャルは表 3.3.1-2 のようになると推定される。

表 3.3.1-2 繊維産業におけるサブセクター別の省エネポテンシャル推計

	染色加工	紡績	織布	合繊製造	縫製・他	計
占有率	40%	20%	15%	15%	10%	100%
	サブセクター毎の省エネポテンシャル					繊維産業計
2015 年	20%	5%	5%	0	0	10%
2025 年	50%	20%	20%	20%	0	30%

(計算例: 2015 年染色加工の絶対ポテンシャルは 20%であるので、占有率 40%から、染色加工の相対ポテンシャルは、 $20\% \times 40\% = 8\%$ 、これに準じて、紡績、織布は各 1%となりセクターとしては 10%となる)

「イ」国における繊維産業の省エネポテンシャルは、紡績、織布業にあつては大がかりな投資をせずに、省エネマインドの向上、歩留まりの改善、空調設備、力率改善等の少額投資により可能と考えられる。また革新型の紡績装置(ジェットスピニング等)や革新型織機(無杼織機等)の導入により生産性と歩留まりの大幅な改善を図ることにより、中長期的には更なる単位当たりエネルギー消費の減少が図れる。

一方、繊維産業の最大のエネルギー消費量を担う染色加工部門では、従来から空調設備はなく、せいぜい換気扇程度であることから、空調換気エネルギー削減の期待は出来ない。

染色加工での大きな設備投資を伴わない省エネは、歩留まりの改善、加工プロセスの見直しと同時に、一部設備の軽微改造や制御機器の付加が必要となってくる。

「イ」国における繊維産業の設備投資は、1992年までは活発に行われたが、その後の政情不安や為替のデバリュウにより投資環境は著しく減退し、特に1998年以降の投資の減少は際だっており、この状況が改善されて初めて大幅な省エネがされると思われる。

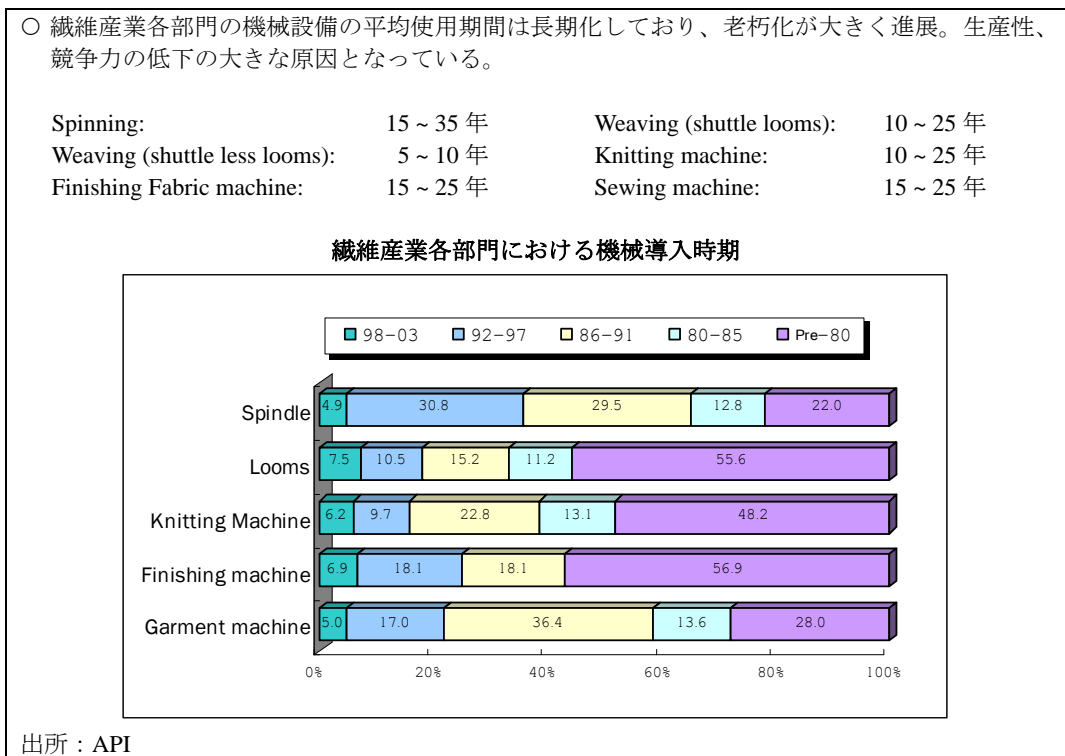


図 3.3.1-1 「イ」国における繊維サブセクターの投資推移

以下、省エネポテンシャルの大きい染色加工工程に特化して、省エネ推進の着眼点を述べる。

3.3.2 染色加工工程における省エネ推進の着眼点

染色加工工程は、組成、素材、最終製品の目標品質(味)により種々の装置のコンビネーションにより加工が行われる。これらの複雑な組み合わせを簡素化すると、1)前・準備工程、2)着色工程 3)仕上げ・最終工程の3つに分類される。これらの工程の内容を細分化するとさらにいくつかの工程があるが、それらの操作が連続して行われる「連続方式」か、「回分式(バッチ式)」であるかによって装置も大きく異なり、省エネ手法も自ずと異なってくる。

これらの染色加工での熱エネルギーの消費は、装置や方法により大きく異なるが、エネルギー消費の代表的工程の順位は以下ようになる

- (1) 洗浄工程、(2) 乾燥工程、(3) 蒸熱工程、(4) 熱処理工程

(1) 染色加工工程の形態別分類

1) 連続式加工法

人類の有史以前からの衣服の歴史を見ると、着衣と身分との関係は非常に緊密なものであった。これらの着衣の彩色は、その身分の上下を区分することにも使われ、着色技術は為政者にとっては重要な技術であった。有史以前から 20 世紀前半までの染色加工法はすべて「回分式」であった。一方 20 世紀後半の各種機械装置や化学品の目覚ましい進歩の中で、大量の製品を低コストで製造する方法として、ベルトコンベアー方式が多く産業で採用されたことに刺激され、染色加工工程に「連続方式」が考案された。

従来の染色加工工程はすべて回分式であったために、多くの時間、資源を消費したが、連続方式の台頭により短時間で、高品質な染色品の加工、さらに水やエネルギーの大幅な削減が可能となった。

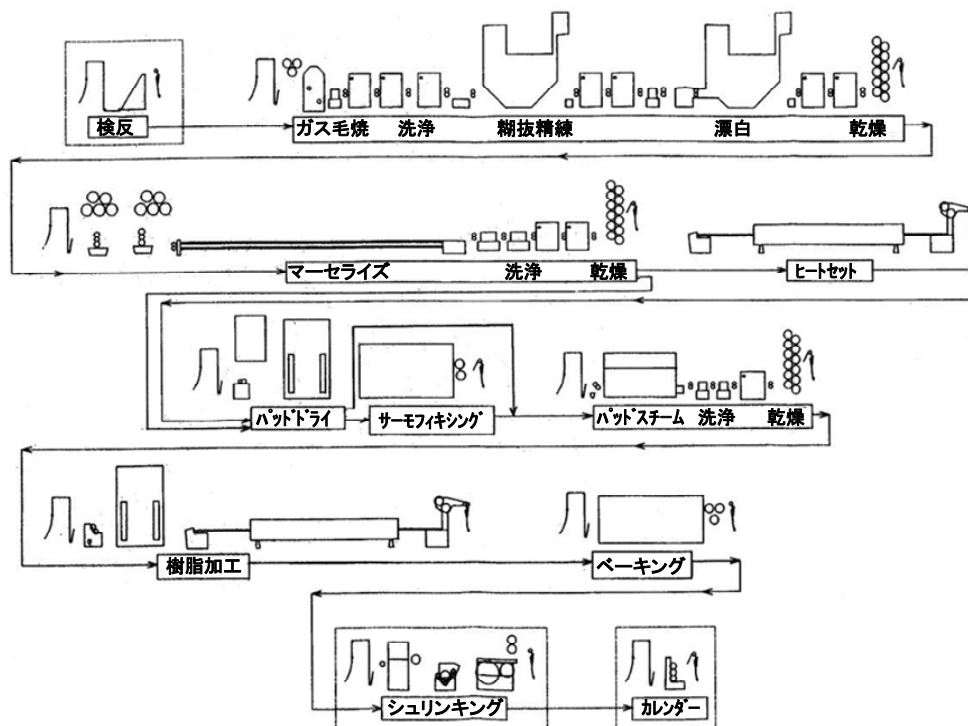
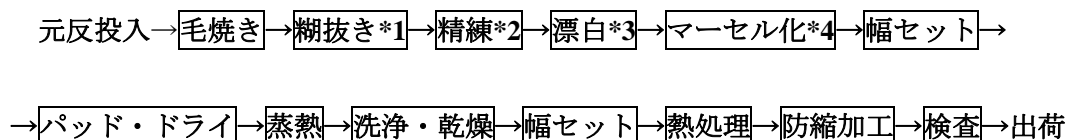


図 3.3.2-1 木綿およびポリエステル混紡織物の連続式加工工程と装置

ただし、連続方式では個々の工程が目的別に細分化されるために、全体の装置構成は複雑で大規模になる。当然投資金額も多額になる。しかし、その加工法の合理性により投資金額の回収も早期に行われ、トータルな経済効果は非常に大きい。

代表的な木綿織物の連続加工法の概要を図 3.3.2-1 に示す。



上記の*1～*4の工程には、洗浄と乾燥装置が付随し、*1～*3では蒸熱装置が基本として装備されている。

つまり、上記の連続方式を構成する工程は、代表的な熱エネルギーを消費する4大工程である(1)洗浄工程、(2)乾燥工程、(3)蒸熱工程、(4)熱処理工程で構成されている。

なお準備工程は、前の6つの工程、染色工程は、パッド・ドライから洗浄・乾燥までの3工程。最後の仕上げ工程は、幅セット以降の4工程である。

2) 回分式(バッチ式)加工法

上記に記すように、回分式は有史以前からの染色法の基本である。ここにおいても染色加工の代表的な工程である 1)前・準備工程、2)着色工程 3)仕上げ・最終工程の3つは当然具

備しているが、連続式加工法のように個々の工程の更なる細分化は余りされていない。極端な場合は、準備工程が終了すると同一の装置で、着色(染色)が行われ、さらに洗浄を経て乾燥が行われる。ここで最終仕上げの後、検査となる。

このように回分式では、設備投資が比較的小さなもの(加工量も少ない)から事業が開始できるので、中小事業者が起業するには回分式が採用しやすい。

しかし、エネルギーや資源の消費面から見ると、連続式が加工目的ごとに設備が細分化されていることにより、極力無駄を排除しているのに対し、回分式では全ての工程を同一または少数の装置で繰り返し行うために、エネルギーや資源の無駄が大きくなる。

全ての要素で勝っている連続式に対して、多くのマイナーな要素を持つ回分式が今日でも採用されているのはなぜか。それは、被加工品が素材や構造の理由から、連続式になじまないものがあるからである。連続式にマッチしない素材は以下のようなものである。

- 素材が加圧(100℃以上)での処理が原則である素材(ポリエステル素材等)。
- 布状以外の、カセやチーズといった糸や綿。
- 編み物や弾性糸が織り込まれた布のように張力を掛けると変形しやすい素材。
- 絹、羊毛、レーヨン等の物理的に脆弱な素材
- レース等の組織が不均衡な布地
- ベルベットやコージュロイ等の立毛素材
- タオル等のパイル織物・編み物

つまり、シャツ地やシーツ、作業着等の生地が緻密で変形しにくい素材においては連続法が有利であるが、常圧下で染まらないもの(ポリエステル等)、物理的外力に対し脆弱や変形しやすいもの、ふくらみのある素材等は連続法には適さない。このことは、回分法による染色加工となり基本的に多くのエネルギーや資源を消費する加工法となる。

なお回分法にも素材によっては、同一の設備で繰り返し使用するのでなく、加工目的に合致した装置で加工することや、回分法であっても工程によっては連続法を一部構築する等の開発が行われ、資源、エネルギー消費を抑える努力が進められている。

a) ポリエステルフィラメント織物の加工工程

代表的な回分式の例として、常圧下では染色出来ないので、0.5MP の加圧状態で染色するポリエステル 100% フィラメント織物の染色加工工程を(図 3.3.2-2)に示す。

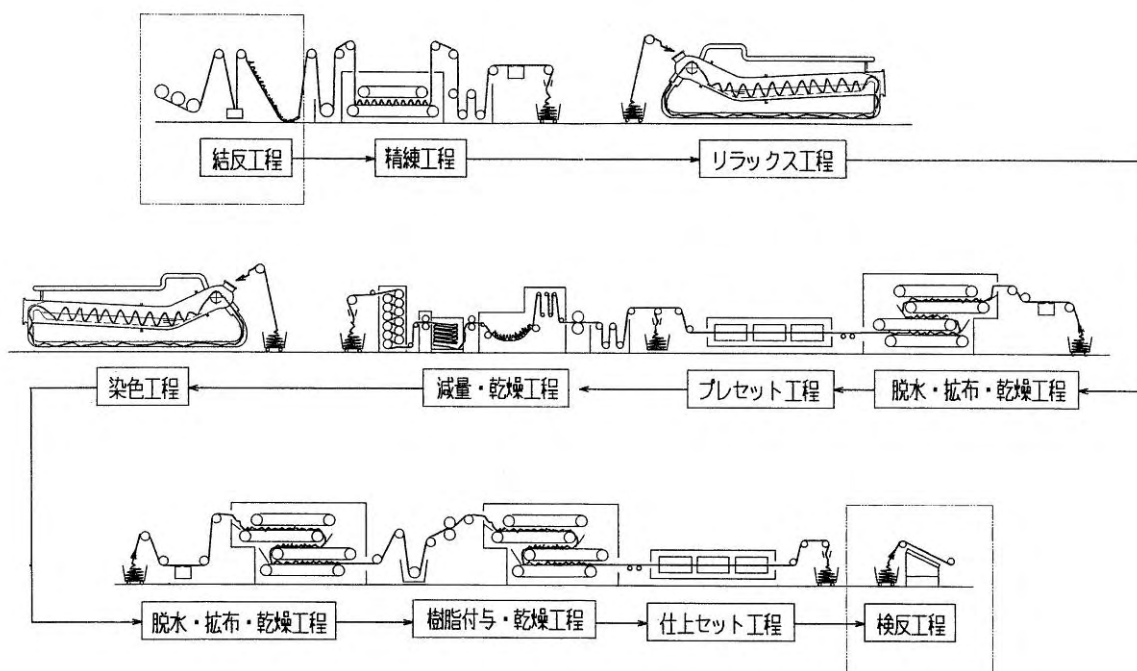


図 3.3.2-2 ポリエステル 100%フィラメント織物の加工工程と装置

上図で準備工程は結反に始まり減量・乾燥工程まで、染色工程は染色、脱水乾燥の 2 工程、仕上げは樹脂付与以降である。

この工程の中で、リラックス工程が回分式であるが、ここでは用水・薬剤・エネルギーを使用して以下の 4 工程が行われている。

温湯給水→湯洗→残液排出→温湯給水→ソーピング→残液排出→温湯給水→湯洗→残液排出→冷水給水→水洗→残液排出(温湯給水が無い場合は冷水を給水し、蒸気で加温する、温湯給水にあっても所定温度未達では蒸気加温する)

次の染色工程では以下の工程が行われている。これらの操作は、旧式の装置ではほとんどがマニュアル操作であるが、最新式の装置ではプログラムコントローラにより自動で行われている。

冷水給水(同時に布地搬入)→染料溶解・染色機に注入→加温・昇温→高温染色→染液冷却(熱交換機に冷水注入で冷却)→残液排出→冷水注入→水洗→残液排出→冷水、還元剤、アルカリ剤注入→昇温→還元洗浄→残液排出→冷水注入→昇温→温水洗浄→残液排出→冷水注入→水洗→布地取り出し→残液排出

上記の加工ラインは、最近の日本国内の代表例であるが、かつては、精練工程や減量工程も回分式で行われていた。「イ」国ではこれらの工程が回分式で行われている可能性が高い。

b) 木綿およびその混紡品ニット加工工程

従来、丸編みニット生地は肌着や T シャツの素材として比較的簡単な工程で、小規模な

加工が行われていたが、1990年代からゴルフシャツやカジュアル素材として織布製品に変わって多用されるようになってきた。

しかし、この素材は縦横に張力を掛けると変形するために、大半の工程で布地に張力が掛からない設備の選択が必要である。さらに、布地を構成する組織が空隙が多いために水分を保持しやすく(含水率が高い)乾燥しにくいために、張力を掛けずに高能率の乾燥装置が必要である。「イ」国でのこの種の加工は、ようやく緒に就いたばかりであって、多くは上記のポリエステルフィラメント織物の加工装置が転用されているが、疎水性のポリエステルと親水性の木綿とでは、脱水や乾燥での挙動、染色機での被染物と水の比率(Water Ratio)が大幅に異なり(ポリエステルでは1:6、木綿ニットでは1:12)、染色に必要な水とその昇温に必要な蒸気が多く消費されている。また、乾燥においても多くのエネルギーを必要としており、効率の良い乾燥装置が不可欠である。

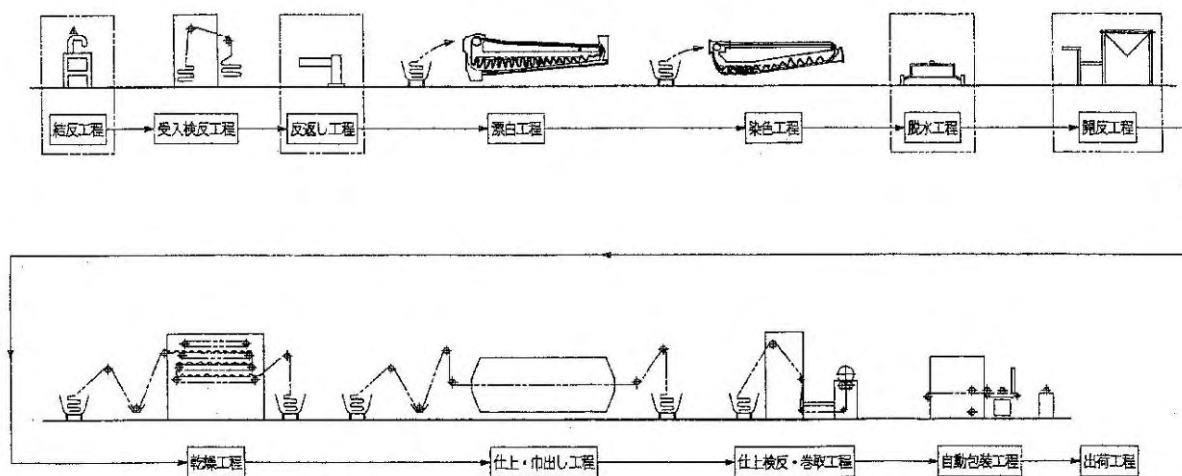


図 3.3.2-3 木綿ニットの染色加工工程と装置

上記の工程数のみで比較すると、ポリエステルフィラメントに比べ、木綿ニットの工程が簡単なようであるが、工程負荷および加工時間は木綿ニットの方が大幅に大きい。特に、木綿100%の場合は、染色は1工程であるが、ポリエステルとの混紡、交編では2工程となり、ポリエステルの高圧下で染色して、常圧下で木綿を染色する必要があるためその加工負荷と仕掛かりには長時間を要する。

一例として、ポリエステルフィラメントの染色には、250kgの布地を4時間で染色できるが、ポリエステル/木綿ニットでは2台の染色機で12時間を要する。エネルギーと水の消費量は、単位あたり約5倍となる。今後「イ」国でポリエステルの染色加工が減少し、木綿ニットの加工が増加すれば、当然単位あたりのエネルギー消費量は増加する。現在「イ」国のポリエステル加工はインドにシフトされつつあって、「イ」国としては付加価値の高いニットの加工が増加すると予想され、この商品構成が変化すれば、省エネ設備の導入が

進んでも、最終的には、素材変更に伴うエネルギー消費の増大をカバーしきれない矛盾をはらんでいる。

日本国内でも過去 15 年間同様の矛盾が継続して発生している。

c) 染色加工産業の省エネを阻む他の要因

染色加工産業は、求められる色と風合い、機能を付与する産業である。この産業の技術レベルの評価は、いかにして市場の求める色相の染色品が納期通りに出荷できるかである。

ところがこの色相のマッチングが意外に困難である。人間の目は五感の中で一番鋭く、ようやく最近になって人間の目よりも感度の高い測色機が開発された。顧客の求める色を測色機で分析を行い、その数値をコンピュータで計算し、最適の染料の組み合わせを選択して染色を行う。染料を被染物が 100% 吸収してくれればカラーマッチはやりやすいが、種々の条件を適応しても 100% の吸収はありえず、数% ~ 10 数% の未固着が生じる。

しかもこの数字は染色の微妙な条件で異なった数字となる。その他人為的なエラーも加わって正確な色が出ない。100 回の染色で、正解が出るのは通常 90 回前後である。色相不一致は、再加工で直さざるをえない、場合によれば脱色処理も必要となる。再加工の消費エネルギーは、正常品に比べ 2 ~ 3 倍に達する。

従って、染色加工業での省エネは、物理的かつ直接的な省エネと、歩留まり向上や生産性向上も同時に必要である。ややもすると染色企業の物理的な省エネは遅れているとの印象を受ける。それは工程の変更等が色相の微妙な変化につながることを恐れることも一因であり、再加工の撲滅が最大の省エネとの認識から、そちらに注力している企業もある。

表 3.3.2-1 染色加工工程別省エネ対策テーマ(短期～中期目標)

(各項目については(2)にて詳述)

No.	区分	省エネ対策	省エネ効果	コスト要因	備考
1	連続・精練漂白	Steamer の保温(マーセライズは除く)	使用量の 10%削減	保温工事、	
2	(マーセライズ)	水洗機の向流洗浄	洗浄水量削減とセットで 20%～50%	向流工事(ポンプ、フィル ター、水量計等	
3	(連続染色)	水洗機の洗浄水量制御			
4		水洗槽の温度管理	カバーを付ければ 10%	自動温調、カバー工事	
5		排水からの熱回収	30～50%	熱交換装置一式	
6		乾燥装置の管理	5%	日常保全	
7		過乾燥の防止	5～15%	水分量制御装置	
8		シリンダー乾燥装置の保 温	20%	保温材料、工事費	
9		凝縮水の回収	5%	トラップ、配管	
10	マーセライズ	水洗槽の中和	5%	自動薬液注入装置	
11	幅出しセット	ファンのインバータ化	電力の 40%削減	インバータ化	
12	(樹脂加工)	排気センサーと湿度制御	5%	制御装置一式	
13	(乾燥機)	布地温度センサーと速度 制御	5%	制御装置一式	
14		フィルタークリーン	5%	日常管理	
15		含浸水分管理	10%(ポリエステル 100% 織物)	バキューム方式	
16		保温板、ジョイント部強 化	5%	工事材料	
17		過乾燥の防止	5～15%	水分量制御装置	
18	排水処理	DO 管理	電力の 10%	DO 制御一式	

(2) 最少の投資による省エネ改善

1) 連続式加工工程の省エネ

連続式加工工程については図 3.3.2-1 に概要が記されている。この略図に即し、既存装置に対する小規模な省エネ改善策について以下説明する。

a) 連続精練・漂白工程

a. Steamer の省エネ

染色前の準備工程として、木綿等の天然繊維が持つ不純物を除去する工程である。

布地の目的に応じた各種薬剤を含浸させて、蒸熱工程で薬剤と不純物を化学反応させる。通常は蒸熱装置(Ager または Steamer と呼ばれる)は、ステンレス板張りの大きな箱で、布地を 100℃に保ち 30～45 分程度滞留させる。布地はウオーターシールされた入口から入り、内部でコンベヤ上に均一に堆積され、コンベヤの動きで出口の方に運ばれる。蒸熱装置の出入り口は Water-seal により蒸気が漏出することがないような仕組みになっている。この steamer の Box 全体の断熱はのぞき窓やローラーシャフト等があるので、全体の 50%程度しか保温が出来ないが、断熱可能面積は、一面の面積は $10\text{m} \times 2\text{m} = 20\text{m}^2$

で、4面で80m²程度ある。

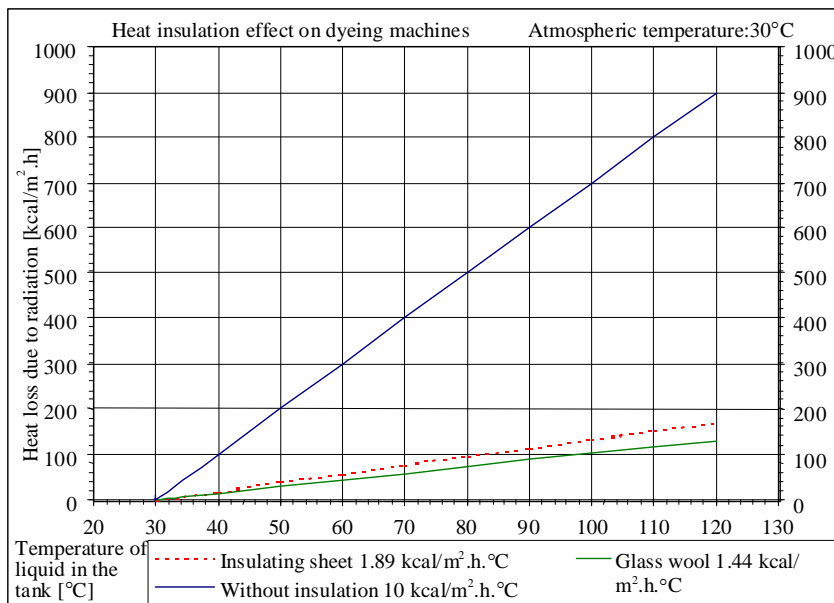


図 3.3.2-4 染色装置表面からの熱放散と断熱材効果

図 3.3.2-4 の断熱グラフから省エネ量が読み取れる。

外気温 40°C、内側温度 100°C

断熱処置なしの場合：

$$\text{Heat loss: } 600\text{kcal/m}^2/\text{hr} \cdots 80 \text{ m}^2 \times 600 \text{ kcal} = 48,000 \text{ kcal/hr}$$

断熱処置をした場合：

$$\text{Heat loss: } 100\text{kcal/ m}^2/\text{hr} \cdots 80 \text{ m}^2 \times 100 \text{ kcal} = 8,000 \text{ kcal}$$

$$\text{その差は、 } 48,000 \text{ kcal} - 8,000 \text{ kcal} = 40,000 \text{ kcal/hr (167.5 MJ/hr)}$$

b. 水洗槽での省エネ

連続精練・漂白装置は、蒸熱処理が済むと布地に付着している不純物の除去のために洗浄工程に進む。この洗浄工程は、水または温水の入った槽を 5～10 個連結した構成となっている。個々の槽の構造は、図 3.3.2-5 のようになっている。

布の入口と出口に搾りロール(Mangle)があり、布は、槽の中に張られた水または温湯の中を上下に移動しながら不純物が水の中に放出される仕組みである、特に、搾りロールによる不純物の押し出し効果が重要であるため、このロールの加圧状況やローラー(上はゴム製で下はステンレス)の平滑性やゴムロールの硬化、摩耗には注意を払う必要がある。多くの不純物にあつては高温水での洗浄が効果が高いので、図 3.3.2-5 のごとく槽全体にカバーをすることが省エネや作業環境上必要である。また、図 3.3.2-5 の右図にあるように同一槽内に極力多く滞留させることにより洗浄水の使用効率をアップさせる工夫も必要である。

Traditional Open Soaper

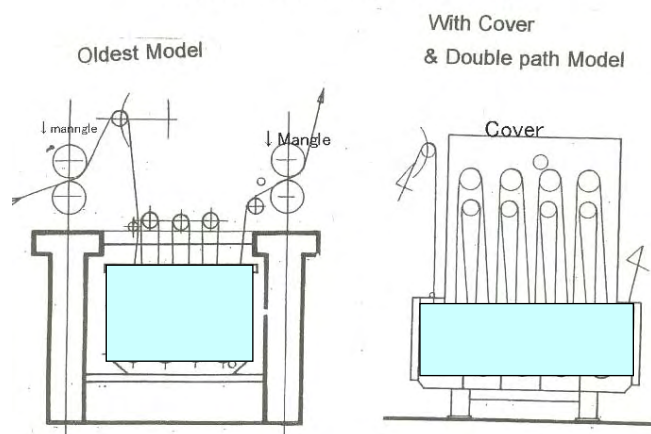


図 3.3.2-5 旧タイプの水洗槽

c. 流入水量制御と向流洗浄

この種の連続洗浄装置の速度は、これに続く乾燥装置の能力に依存する。素材が親水性の素材(木綿や麻、レーヨン)で布重量の重いものは乾燥しにくく、疎水性の合成繊維で薄いものは乾燥が早い。勿論、生地が厚く、重いものは多くの不純物を持っており、水洗機での洗浄速度も遅いので処理速度を遅くする必要がある。この装置では、常に新鮮な水が供給され、その温度を上げるために大量の蒸気を使用され続ける。

➤ 汚濁度の判定

この装置での省エネは少ない蒸気量で最大の効果を上げるためには、水洗槽の汚濁度に見合った水の供給量の制御である。従来はこの汚濁度を感覚的に捕まえ、多くの洗浄水を供給すれば問題が発生しないと考えられていた。これでは際限なく用水とそれを昇温する蒸気の消費を増大させる。

汚濁度の判定は、濁度計や分光光度を用いたり、COD 測定装置を考えられるが、一般的な染色加工においては各種無機薬剤が使用されていることから、洗浄槽の汚濁度の判定には電気伝導度計で測定することで可成りの成果が期待できる。これによるモニタリングは安価で保守も簡単である。

洗浄槽の数は、後段の乾燥装置との組み合わせで、大きく変動し、通常は5~10槽程度で構成されている。

➤ 向流洗浄

古くはこれらの洗浄槽は、供給水と排水口をそれぞれ単独に持っていたが、これらの槽を連結し、布地の進行方向と供給水の進行を逆向きにする向流洗浄方式が採られることとなった。そのために、乾燥装置側の槽の位置を一番高くし、前(布入り口側)を一番

低くし、高度差で自然流を作るのが常道である。全体が長い装置にあっては、途中で送水ポンプを仲介させ全体の高さのバランスを採る構造にする場合もある。

しかし、これらの槽は、すべてが洗浄槽でなく、中には中和槽や酸化槽等の特別な機能を持たせている場合もあるので単純に連結して向流にすれば良いと言うわけでもない。さらに、向流洗浄が行われていても供給水量の設定がより重要である。

➤ 供給水量の設定

これらの水洗槽での省エネのポイントは、最終水洗槽での汚濁度の程度に合わせた供給水量の制御と、洗浄槽の水温管理である。最終水洗槽の伝導度測定と流量制御機構を組み込んだ水バルブの組み合わせで、大幅な省エネが可能である。一例として向流洗浄は行われているが、洗浄水濃度の管理が行われていない装置と管理を行った装置を比較する。

布重量：0.25gr/m、加工速度：60m/min、水量：布重量の50倍、最高水温：90°C、供給水温：30°C

$(90-30) \times 0.25 \times 60 \times 50 \times 60\text{min} = 2,700,000\text{cal} = 2,700\text{kcal/hr} (11.3 \text{ MJ})$ (水量 45m³/hr)

布重量の25倍量に制御すると、上記の2分の1が良い。

$(90-30) \times 0.25 \times 60 \times 25 \times 60\text{min} = 1,350\text{kcal/hr} (5.7\text{MJ})$ × (水量 22.5 m³/hr)

これにより省エネ率は50%という高い結果が得られる。

なお、現状では向流方式が採用されていない場合や、部分的な向流方式の場合に、汚濁度測定や流量制御が行われていない場合は、改造により大幅な省エネが可能となる。

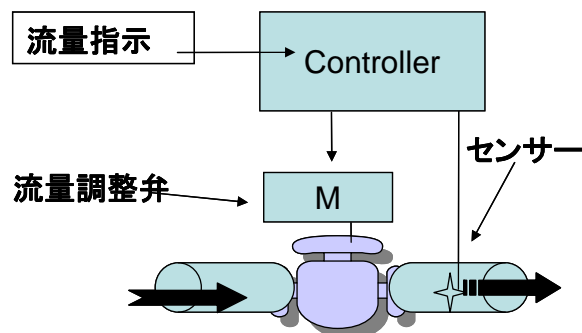


図 3.3.2-6 洗浄水の流量制御弁模式

流入量調節機構は図 3.3.2-6 に参考例を示す。

流量制御は、最終槽の伝導度を基準に設定することが比較的容易な方法であるが、染色や捺染の水洗においては、水洗工程が最終製品の品質を左右する重要な工程であるので、製品の湿潤堅牢度も考慮に入れた流量を設定にすべきである。

➤ 洗浄槽の温度管理

洗浄槽の温度管理も省エネに重要なファクターである。高温の洗浄で繊維に損傷を

与えないのであれば、温度は高温(限りなく 100℃に近く)が洗浄効果は良い。特に、連続染色装置を多用している木綿織物やポリエステルとの混紡織物にあっては、昨今は反応染料が多用されており、その洗浄には多くの水と熱エネルギーが消費されている。中には洗浄剤を併用して洗浄効果を上げようとしているケースもある。回分式装置では、100℃近くの昇温には多くの時間が掛かるが、連続式ではその危惧は少ないので昇温は高い方が良い。ただし、多くの洗浄槽では、昇温に蒸気を直接吹き込む方式が採られているために、高温度になると蒸気のエネルギーが水の昇温に寄与せず、沸騰して大量の蒸気が蒸散してしまう。

この防止のために洗浄水は、間接加熱法により別途加温したものを使用し、水洗槽にも間接加熱パイプを設ける工夫が必要である。これらの水温維持には自動温度調整機構を備えることは必須条件である。

なお、洗浄の最終槽や最終絞りロール(マングル)に冷水を付与しているのを良く見かけるが、絞り効果と乾燥効果を考えると、冷水の付与は逆効果であり温水の付与とすべきである。

水洗槽の最後のマングルは、以後の乾燥装置への負荷を律する部分であって、その絞り率にいささかなりとも影響を与える要因を常に排除する必要がある。

▶ 排水からの熱回収

向流洗浄により最前列の水洗槽からは汚濁の大きな洗浄水が排水として放出される、これは時には 90℃以上もあり、これの熱エネルギーを回収することにより極めて大きな省エネ成果が期待できる。洗浄後の排水温度が 85℃程度であれば、給水温度が 35℃とすると、その差は 50℃であり、熱交換機での交換差を 10℃とみても 75℃の熱水が得られる。これによる熱回収率は約 50%となる。排水からの廃熱回収は 3.3.2(2)2a)に詳細を述べる。

d. 乾燥装置での省エネ

通常は洗浄装置に乾燥装置が付属している。

この乾燥装置も各種の機構を持ったものが多数有るが一般にはシリンダー乾燥装置が使用される。シリンダー乾燥装置は、ステンレス製の円筒中に加圧蒸気を満たし、蒸気の持つ熱エネルギーがステンレス製円筒外に伝熱し、その部分に接触する布地の温度を高め、水分を蒸散させる機構である。(図 3.3.2-7 参照)

本装置は濡れた布地が直接シリンダー表面に接触し、その伝熱エネルギーにより布地の温度を上昇させ水分を蒸散させる機構である。通常このシリンダーに印加される蒸気圧は 0.2MP が限界であって、その表面温度は 122℃となる。シリンダーの数は洗浄する布地の組成や重さによるが、20～40 本程度で構成されており、垂直方向に多数配列されるが、場所の関係もあって水平方向に配置される場合もある。

乾燥に伴い大量の水蒸気が放散されるために、その上部には換気の配慮がされている。

この装置は、前の洗浄槽と同じく大量の蒸気を使用するために省エネは、管理次第で大きく違いが出てくる。シリンダー乾燥機における省エネのポイントは以下の通りである。



図 3.3.2-7 シリンダー乾燥装置

➤ 蒸気流入経路および凝縮水排出

シリンダー乾燥機では、蒸気の持つ潜熱を利用して乾燥を行っている。従って効率的に蒸気がシリンダー内に入り、潜熱を放出した蒸気が凝縮水となった状態をシリンダー外に放出する必要がある。シリンダーは常に1分間に数十回転しており、この回転体に蒸気を注入し同時に凝縮水を取り出す機構は少し複雑であり、その機構を理解していないと点検・保守が出来ず、蒸気漏れや凝縮水のシリンダー内への滞留をきたし蒸気の無駄使いとなる。

シリンダーに入るまでの、減圧弁や使用頻度の高い on-off バルブの蒸気漏れの保守が必要なことは言うまでもない。シリンダー乾燥機の断面を、図 3.3.2-8 に示す。

加圧蒸気はロータリージョイントを経由して、内外層の二重パイプの外側を通り缶体内に放出され、凝縮水は缶体下部に滞留するのでサイフォン管を通して吸い上げられ、二重パイプの内側から同じくロータリージョイント(図 3.3.2-9)を経由して外部に放出される。

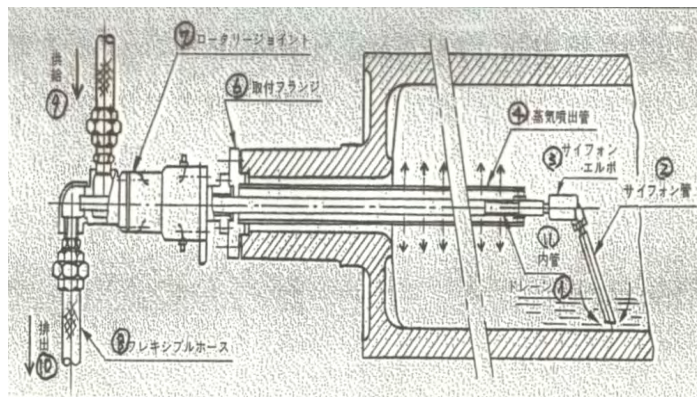


図 3.3.2-8 シリンダー乾燥機の内部構

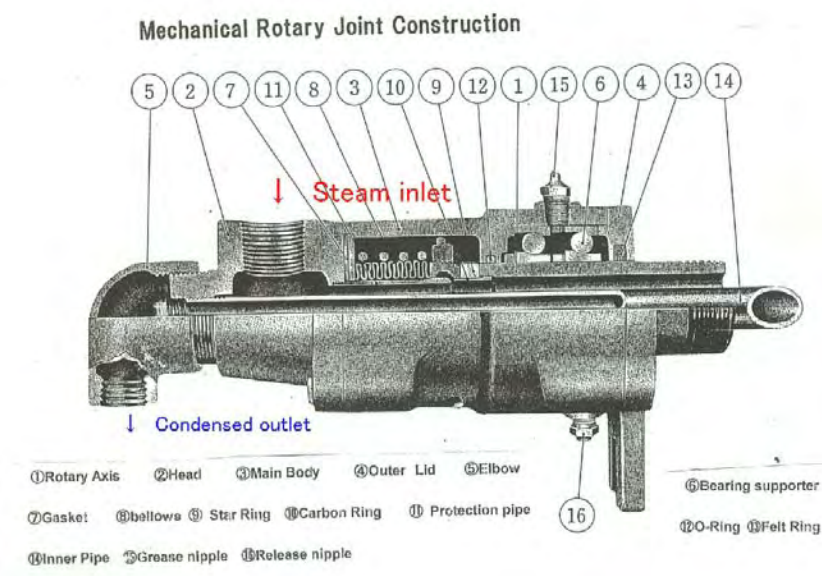


図 3.3.2-9 シリンダー乾燥機用ロータリージョイント断面図

ロータリージョイントの構造は多少複雑になっている。ロータリージョイントとシリンダー缶体とはグラファイト製のブッシュ(10)で擦動する構造になっており、このブッシュが摩耗すると蒸気漏れを起こす。また、サイフォン管の変形や脱落により、凝縮水が内部に滞留すると、生地が冷やされたり、回転運動が重くなって極度に電力を消費する結果となる。

なお凝縮水はシリンダー外部に設置されたスチームトラップで凝縮水のみが排出される。このトラップは、シリンダーの数だけついているのでその数は20～40個にもなるが、小型のサーモタイプが多く、動作不良も起こりやすいため常時の点検が必要である。

➤ 過乾燥の防止

シリンダー乾燥機に限らず、染色加工工程のあらゆる乾燥装置での省エネのポイント

はいかにして過乾燥を防止するかである。布地の乾燥は、洗濯物の乾燥で分かるように、布地を高温下に置く必要はない。水の自然蒸散は、雰囲気中の相対湿度が 100% 以下であれば、水分は大気中に徐々に蒸散していく。早く乾燥を行うために、濡れた布地を水の沸点である 100°C 以上の状態の雰囲気中に置き、蒸散を早めている。しかし布地に水分が存在すると、布地が接触している温度が何度であれ、布地の温度は 100°C 以上にはならない。(図 3.3.2-10) 参照

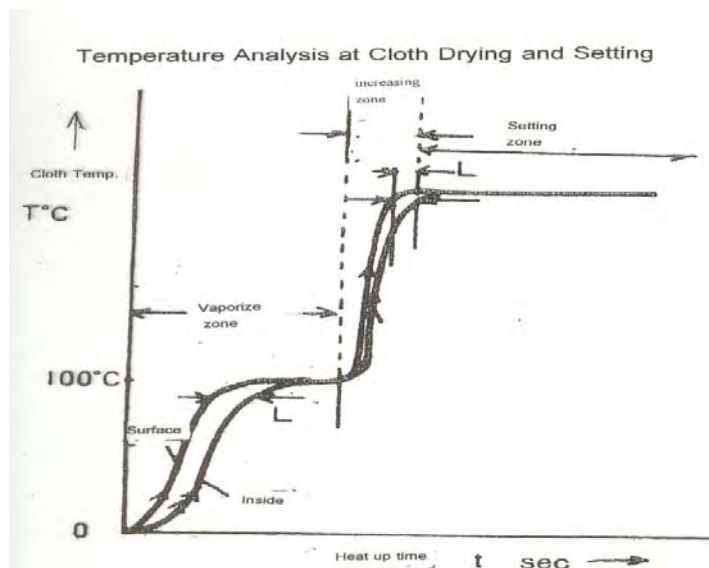


図 3.3.2-10 繊維の乾燥とセット温度曲線

乾燥過程においては布地の表面温度と内部温度にはいくらかの差はあるが、乾燥時点までの温度は 100°C を保つ。

乾燥が終了すると布地は設定温度まで急激に温度上昇する。このゾーンでは布地には水分がゼロで、これを過乾燥と称している。さらに、繊維は、それ自体が保湿度を持っている、この保湿度を水分率と呼び、相対湿度 65%、温度 20°C の状況下で 24 時間放置した時に繊維が含有する水分率を次の表 3.3.2-2 に示す。

なお「イ」国のように高温多湿の国での水分率はこの数値より高くなる。

表 3.3.2-2 代表的な繊維の水分率

繊維の種類	木綿	麻	レーヨン	ナイロン	PET
水分率 (Wt%)	7%	7~10%	12~14%	3.5~5%	0.4~0.5%

この表から理解できることは、布地に含まれる水分量をゼロにするのではなく、布地が吸収する水分量を持った状態で乾燥を終えれば良い。それより水分率が少ない状態では、布地が工程中に空気中の水分を吸収するために余分なエネルギーを消費していることになる。

これにより木綿の加工では 7%、レーヨンでは 12%もの省エネが一気に図れる。この省エネ技術は、乾燥機の終末に湿度センサーを取り付け、乾燥の最終エリアにある、数本のシリンダーへの蒸気供給の制御(on-off または比例制御)を行う。(図 3.3.2-11 および図 3.3.2-12 参照)

より簡便な方法は、最終シリンダーを出た布地表面温度を赤外線放射温度計で連続的に測定し、布地温度を 98℃になるように、最後列のシリンダー乾燥機への蒸気バルブを電磁弁に交換することにより可能となる。

水分率センサーによる乾燥度の制御は、連続式のみならず回分式加工法での各種乾燥装置においても同様の手法が適応できる。最近の加工装置ではこの種の水分制御機能を付加することは常識となっているが、1990 年代以前の装置では、後から付加する方法が採られている。なお、加工素材の切り替え等で機台が停止する時は、速やかに蒸気供給が停止するように水洗装置への蒸気供給も含めた電磁弁によるインターロック機構が採られればより多くの省エネが可能となる。



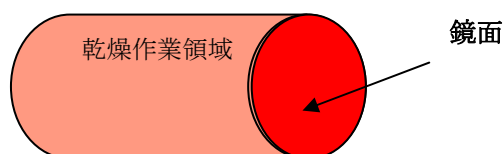
図 3.3.2-11 部分接触式水分センサー



図 3.3.2-12 全幅トラバース型水分センサー

▶ シリンダー乾燥機の保温

シリンダー乾燥装置では、円筒状の表面に布地が接触して乾燥作業を行うが、両サイドの「鏡面」と呼ばれる部位は鋳鉄製の円盤である。この部分には濡れた布地が当たらないので、乾燥領域より温度が高く、常時回転しているので、この部分からの熱の放散が大きい。



この部分の直径は 65cm 程度有り、中心部を除いて保温が可能である。耐熱性のある

樹脂材や丈夫な集成材を半円形に切断し保温すれば $0.25\text{m}^2 \times$ 両面の面積があり 24 本のシリンダーであれば 12m^2 の面積である。

鏡面温度 120°C 、周囲温度 40°C 放散エネルギー 800kcal/hr/m^2 、保温効果 100kcal/hr m^2
省エネ量: $12\text{ m}^2 \times (800-100\text{kcal/hr/ m}^2) \times 20\text{hr/day} \times 300\text{days} = 50.4\text{Mcal} = 1,206\text{MJ/Y}$ にもなる。

➤ シリンダー乾燥機からの凝縮水

シリンダー乾燥機へ投入された蒸気は、全量が凝縮水となり、温度も 90°C 以上ある。

この凝縮水はボイラー給水として省エネに寄与するので、パイプは保温して効率よくボイラーに返送することである。

b) マーセライズ工程とその省エネ

Mercerize 処理は、木綿繊維に対して行われる固有の処理である。特に木綿およびその混紡織物には必須の処理法である。約 25% の苛性ソーダ溶液を布地に含浸させ、縦横に張力を掛けながら処理を行い、苛性ソーダ含浸後 60 秒程度経過した時点で冷水を小さな滝状で注ぎ、苛性ソーダと水の置換を早めるために、布地の裏から減圧吸引板で水を吸い取ることを数回繰り返す。その後布地に残った苛性ソーダを脱落させるために、煮沸した密閉槽で連続的に洗う。苛性ソーダは木綿繊維に親和力があり、その洗浄には大量の水と蒸気が必要である。苛性ソーダは酸で中和してソーダ塩として洗浄するほうが、分離が早い。この酸としては、酢酸・ギ酸等の有機酸、塩酸等の無機酸が用いられる。逆に酸が残留したままでは過乾燥になると布地の強度が弱るので、水洗槽の pH 調節が重要となる。先の精練・漂白工程と類似した水洗・乾燥機が使用されるが運転管理のポイントは大きく異なる。苛性ソーダは、使用後希釈されるので濃度が 5% 前後になる。これを減圧加熱して水分を蒸散させ、25% 前後に濃縮する装置が併設されている場合もある。この濃縮装置にも蒸気が間接加熱で使用されている。この工程から出る凝縮水もボイラーに返送し、ボイラー給水として使用すれば大きな省エネになる。

c) 連続染色工程

連続染色工程は、布地に染料を平均的に付着させる Pad-Dry 工程と、染料を固着させる Pad-Steam 工程に分けられる。

a. Pad-Dry 工程の乾燥装置の省エネ

布地に染料液を含浸させ、絞り装置 (Mangle) で布地の幅方向に均一に絞った後、布地は中間乾燥機に導かれる。本体の乾燥機中のガイドロールに接触するまでに、布地の表面の水分を蒸散させるために、ガスまたは電気ヒータを用いた赤外線加熱装置である。本体はローラドライヤと呼ばれる乾燥装置で、ガス、蒸気、熱媒循環等の熱源を使用した熱風を循環させながら乾燥させる、乾燥機内部に放散される水分は、排気ファンで外部に放出される。次項でも述べる仕上げ乾燥機やテーターでは熱風はノズルから高速で吹き出る構造になっているが、Pad-Dry の乾燥機では、急激に布地の表面が乾燥するとマ

イグレーションという現象が起こり、染色の斑が発生する、そのためにこの乾燥では、緩やかに全室を温度ムラの無い状態で乾燥させる必要があり、乾燥装置としての効率は良くない。

省エネ策としては、排気ダクト中の相対湿度をセンシングして、排気モータの回転数をインバータ制御する機構が有望である。

b. Pad-steamer の水洗と乾燥装置の省エネ

上記の工程で染料が布地に付着された状態である。この状態では染料は繊維に固着されていない。ここでは、染料固着用の薬剤を塗布し、Steamer 中で反応させて染料の固着を行う。

布地に付着した染料は 100% 布地に固着せず、数% ~ 数十%が未固着で脱落してくる。

洗浄装置では、固着に使用した薬剤や未固着染料の洗浄に水洗機が使用され、それに続いて乾燥装置がある。これらの機構は、連続精練・漂白装置と共通している点があるが、精練・漂泊装置では、布地の滞留時間は 30 分前後と長時間であるが、染色装置の steamer は、90 秒程度で短いため、steamer の容量も小さく、染料固着時の温度差による染着ムラを防止する目的で、steamer 本体が断熱構造になっているのでこれへの保温措置は不要である。ただし、洗浄槽は一般に精練漂白装置に比べ多いので、省エネを念頭に置いて操業を行う場合とそうでない場合では大きな違いが生じる。乾燥装置は精練漂白の場合と同じ構造のシリンダー方式が多いのでそれを参照されたい。

c. 省電力

連続精練・漂白装置、マーセライズ装置、連続染色装置の電力は、布搬送のローラーやシリンダー乾燥装置の駆動用モータが大半である。1990 年代以前の装置では、直流によるワードレオナード方式の同期運転を行っていた。そのために交流モータと直流発電機を直列駆動させたり、サイリスタによる直流変換で使用し、速度制御は直流モータにシリーズに結線された可変抵抗器で行っていた。

最新型の装置では、インバーターを使用する交流方式に変わったため、速度制御時の電力ロスは低下したが、装置全体の制御関連電力が必要となり、電力面での省エネにはなっていない。

d) 幅出(Heat setting)および樹脂加工装置

染色加工装置の中で最大のエネルギー(熱および電力)を消費するのがテンターである。この装置は、幅出し工程と樹脂加工工程に主として使用されている。

幅出し(Heat setting)工程は、染色前に行われる工程である。木綿 100% 織物では、マーセライズ加工後のしわや、幅の不揃いを矯正するために水を含浸させ、予備乾燥室付きのテンターで、30%程度水分を蒸散させてからテンターで幅揃えをする。

ポリエステルを含む織物や編物では、ポリエステル繊維の温度履歴を平均化するために、190℃程度の高温下で 45 秒程度の幅出し操作を行う。この場合は通常は水の含浸を行わず

に、乾燥布を直接テンターで処理を行う。

これとよく似た装置が使用されるのが樹脂加工工程である。

染色加工後の樹脂加工工程では、仕上げ薬剤を水で溶かし、この薬剤を含浸させ予備乾燥である程度水分を蒸散させた後にテンター処理を行う。テンターの加熱ゾーンが 15m 以下の古い装置では、樹脂加工後の熱処理時間が十分にとれないために、改めてベーキング装置での加熱処理を行う場合がある。余り強い熱処理が必要でない場合や、処理室の長さが 15m を超えるものにあっては、全体のセット温度を 165°C 程度にして熱処理をテンター中で行ってしまう場合がある（昨今ではこの方法が多い）。

a. テンターの熱源

幅出し、樹脂加工に使用されるテンターは、大量の燃焼エネルギーを必要とする、そのために、装置の据え付け時に熱源を何にするかが、省エネのポイントとなる。都市ガス、天然ガス、LPG 等のガスを使用する場合は、直接バーナで空気を暖める方式が一般的である。重油、灯油(Kerosene)、石炭、バイオマス等の場合は熱媒体を加温・循環する方法である。ガス利用においてもこの循環方法(間接法)が採られている場合もある。アジアの国々では、昨今の石油製品の価格高騰から、石炭へのシフトが加速的に進行している。ガス直火方式は、熱媒体を使用する間接法との比較で、約 20% 熱効率が向上する。我国では大気公害の観点からも、ガス方式が採られていたが、地球温暖化問題との関連からも LNG または都市ガス使用が望ましい。

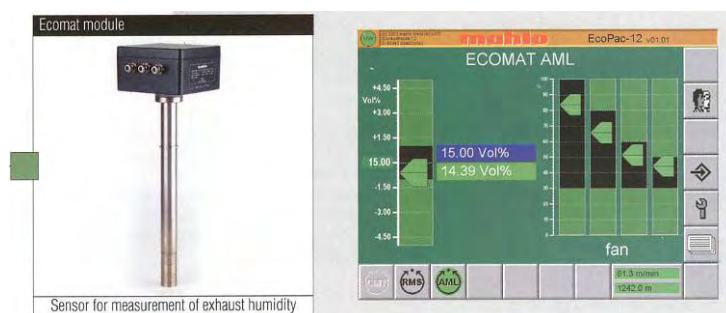
テンターは仕上げ品が多岐にわたる場合は、頻繁に切り替えが行われその都度装置が停台する。石炭による熱媒体加熱方式では、停台時に熱媒体の燃焼を制御することが難しくエネルギーの無駄になっているが、石油系燃料に比較して 4~5 分の 1 の価格の石炭へのシフトはいささかゆゆしき問題である。



図 3.3.2-13 テンター、乾燥機ファン用インバータ

b. インバータ化による省エネ

テンターは布地の搬送と、循環ファンに多くの電力を消費している。この装置では、各種素材によって運転速度や風速の変更が必要となる。運転速度の変更は、古くは変速プーリ方式が用いられたが、1980年代以降の装置ではインバータ方式が主流となっている。一方循環ファンの変速機構は、ポールチェンジモータの使用が一部にあったが大半の装置では、モータとファンがVベルトで駆動され、風量調節はもっぱらダンパー制御に寄るところが多かった。1990年代以降の設備では徐々にインバータ化されたが、加速度的に普及が進行したのは2000年代になってインバータが安価に入手できるようになってからである。テンターや乾燥機のファンは、始動時には空気温度が低いために大きな起動力を必要とするがテンター内部の温度上昇により空気が軽くなるので、通常のインダクションモータでも負荷が軽くなるので電力消費量は低下する。しかし、回転速度は常に同じであるので布地に吹き付けられる風速・風量は常に過大の傾向にある。そのためにダンパーが取り付けられていて4分の1か2分の1の風量に調整されている。この循環ファンの回転速度を4分の1~2分の1にすることにより電力使用量が4分の1以下に減少できる。このインバータ化は現有のモータがそのまま使用できるので、比較的少ない投資で効果が期待できる。既にインバータ化が済んでいる場合でも、停台時にはさらに回転数を落として省エネができるような工夫が必要であろう。



(Mahlo 社カタログより)

図 3.3.2-14 排気湿度センサーとモニタリング

c. テンターの省エネ

➤ 幅出し時の処置

木綿生地等の連続染色の前処理である幅出しは、乾燥装置としての使用になる。無地初めの場合の下幅出しでは染色ムラを避けるために、完全な水の含浸が必要であるが、捺染等の下幅出しではスプレーやスラッシャー方式で水の付与量を減らすことも重要である。温度設定は140~150℃とし、風量を多くする、ダンパーは解放近く(インバータでは45Hz程度)とする。予備乾燥設備が設けられた装置であれば、これも同様とする。

排気湿度センサー(図 3.3.2-14)による排気モータ制御と出口の布地水分量測定による速度または加熱制御を行う。(10~15%の省エネが可能)

➤ ヒートセットの場合の処置

ポリエステル 100%またはその混紡品にあつては、190～200℃でのセットが行われるが、既に精練・漂白の終了した布地にあつては、一切の薬剤が混入されていないので布地からの油剤等によるテンター内部の油汚れは発生しない。(ただし、ストレッチ織物等で未処理布地のセットを行う場合があるが、これは樹脂加工時と同様の配慮が必要である)

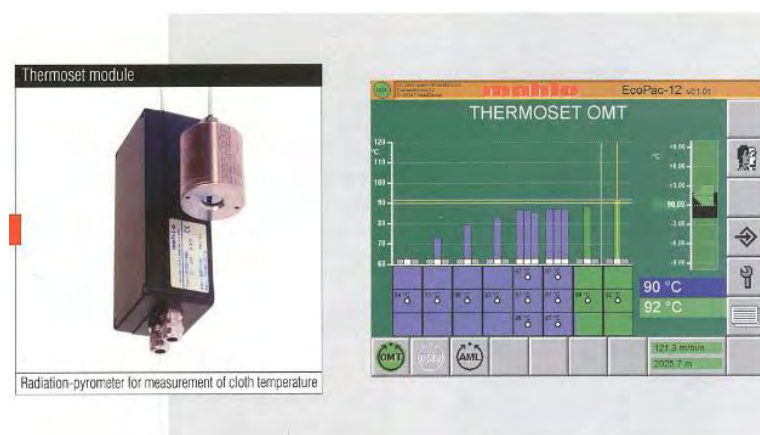
この時のテンター運転では、布地の表面温度が所定の温度で、滞留時間が 20 秒程度で良いので、排気ファンはほとんど閉め(インバータであれば低速 20Hz 程度)る、循環ファンのインバータ制御があれば、これも低速とする(30Hz 程度)、処理速度は、布地表面温度が 190℃になってからの、処理ゾーンの長さで 20 秒になるよう調節する、ただし通常は処理室(Chamber)内の温度はセッティング温度計で分かるが布地の温度はそれから少し遅れて上昇する、それで経験的に少し余裕を見て速度を遅めにする。布地の温度が正確に捕らえられれば、例えば 15m のチャンバーであれば、加工速度は 45m/分(チャンバー長の 3 倍)である。布地の表面温度を正確に測定するセンサーをテンターの天井部に 3 箇所程度取り付け、速度の比例制御を行う装置も僅かな投資で行える(図 3.3.2-15)。

➤ 樹脂加工時

テンターで樹脂加工(防しわ、撥水加工等)を行うには以下の 3 つの機能が必要である。

- 布地に樹脂液を含浸させる
- 布地から水分を蒸散させる
- 布地に着いた樹脂剤の架橋反応を起こさせる。

このために、古いタイプの 15m 程度の処理室のテンターでは、不十分で 20m 以上の処理室を持つテンターが望まれる。特にテンターの後半で樹脂剤の架橋反応を起こさせるには 150℃以上の熱処理を 30 秒以上必要とするので、布地表面の正確な温度計測が必要となる。このためにも図 3.3.2-15 の測定・制御機構が望まれる。これは省エネのみならず品質向上にも必須の装置である。



(Mahlo 社カタログより)

図 3.3.2-15 布地表面温度計(テスター天井据付型)

2) 回分式(バッチ式)染色加工法(ポリエステル織物)の省エネ

上記の連続染色加工法と並んで重要なのが回分式染色加工法である、加工工程の概略は図 3.3.2-3 を参照されたい。連続染色加工法は大ロットの織物染色加工法に適した方法であり、その場合に大きな省エネが期待できる。

回分式では、連続法ほど単位あたりエネルギー使用効率は高くない。しかし、回分式においても省資源である節水や省エネは必須事項であり、連続法とは違った手法で省エネを可能としている。中でもポリエステル織編物は、染色加工に高压状態が必要なことから回分式染色法が必須となる。

ポリエステル織物の染色加工工程については、p3-109 で概要を述べている。この中で特にエネルギー消費の大きな工程の省エネ・ポテンシャルについて以下に述べる。

a) リラックス工程の省エネ

この工程は、全てのポリエステル織物に適応されているわけではない。本稿ではリラックス工程を精練工程とは別にしてはいるが、精練とリラックスを連続式で行っている場合もある。

➤ 保温材での被覆

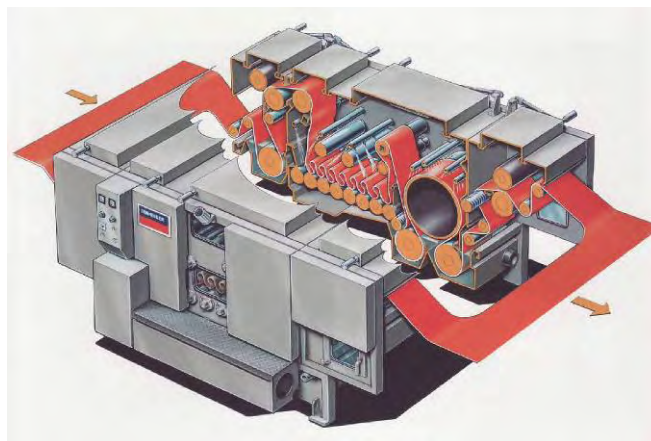
連続式、回分式ともステンレス製の処理タンクを持っており、タンクに保温材でくめるればそれなりの効果がある。

装置の表面温度：95℃

外気温：35℃

放熱面積：8m²

図 3.3.2-4 より (650-50kcal) × 8 m² × 12hr = 57,600kcal = 241MJ/day



(BENNINGER 社カタログより)

図 3.3.2-16 連続精練・リラックス装置

➤ 温排水熱回収

排水は、高温排水と低温排水に分離することにより、高温排水からの熱回収を行うことに寄る省エネが期待できる。

ここで使用される熱交換機は、プレートタイプと呼ばれるステンレス薄板を何枚も積層したものは交換効率は良いが、一般に繊維工場の排水中には繊維や糸くずが多数浮遊しており、これがプレート間の隙間に詰まって排水が流れなくなる。それ故に繊維工場の排水ではスパイラル型と呼ばれるタイプを使用するほうが期待通りの結果が出やすい。(図 3.3.2-18 に廃熱回収熱交換機を示す。)

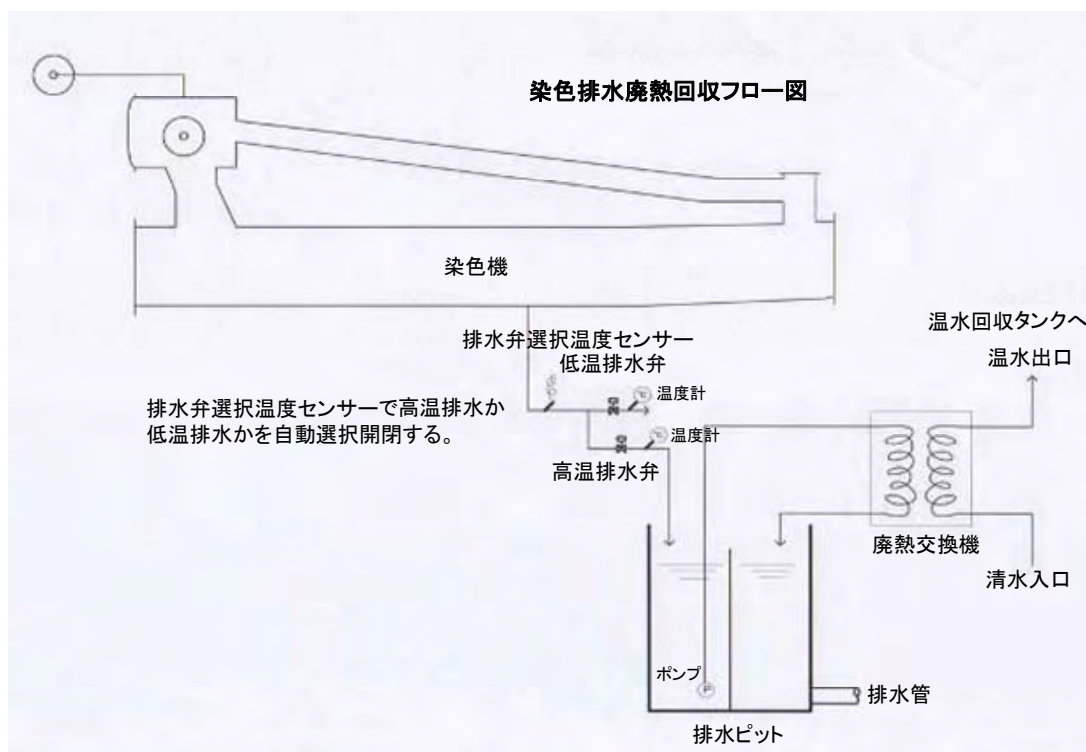


図 3.3.2-17 高温排水熱回収システム

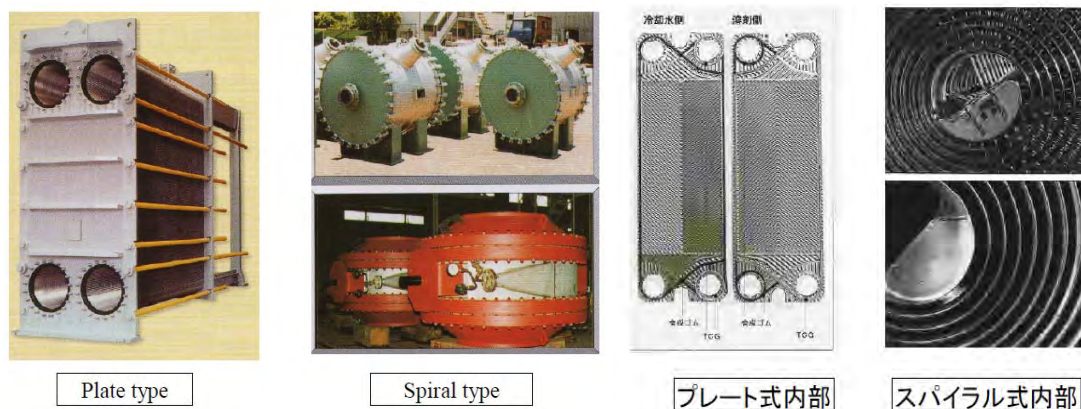


図 3.3.2-18 2つの代表的な廃熱回収用熱交換機の外観および内部構造

熱交換機には、入力側(排水、薪水)と出口側にそれぞれ温度計と調節用バルブ、各入り口に流量計は必須であり、圧力計の設置が望まれる。リラックス工程は 100℃ 近くの高温で行われるので排水の温度も 90℃ 以上有る。ただし、冷水での洗浄が最後に行われるので、温水と冷水の弁別を行う必要がある。この廃熱回収で所要量の蒸気エネルギーを 50% 近くカットできる。廃熱回収時の給水には、ボイラー用の軟水を使用し、回収温水は、ボイラーまたは染色後の水洗等に使えるようにするのが得策である。

➤ 省電力

リラッキングを回分式高圧 Jet 方式で行う場合は、温水の Jet 流で布地を循環させる。この場合の噴流用ポンプは、インダクションモータと直結されており、噴流速度を変化させるのは Jet ノズルへの温水流量をバルブで絞って調整をしている。しかし、バルブ調整操作をモータのインバータ変速に変えることにより大きな省電力が達成できる。(電力消費量が所期の 40% 以下となる) 1 回の加工量が 500kg 前後のもので 30kW 程度のモータで運転している。通常運転であれば、主ポンプの電力はバルブで流速調整をしている場合はほぼ全負荷となっており、バッチ当たり処理時間が 5 時間とすると 150kWh の電力を必要とするが、40% ダウンの 90kWh 程度となる。

b) 乾燥工程の省エネ

連続染色加工法と回分式加工法の設備面での大きな違いは、精練・漂白・染色の各工程に付随する乾燥機である。木綿織物を主とする連続法では、乾燥は専らシリンダー乾燥装置であったが、回分式では種々の乾燥装置が用いられている。ここでは、ループ乾燥装置と最近のコンベアー搬送乾燥装置について説明する。ループ乾燥装置は、洗濯物を物干し竿に掛けて乾燥するイメージで、熱風がゆっくり循環する雰囲気中に布地を連続してバーに掛け、このバーがゆっくり回転しながら進行し徐々に乾燥されていく仕組みで、バーは布地が出口に行くとバーを保持しているチェーンが装置の下部を通り一巡し、入り口に達して新たな布地がバーに掛かる。(図 3.3.2-19)

一方、ネットコンベアー方式では、布地は小さなウェブを形成しながら搬送コンベアーに乗せられ、熱風は強力な循環ファンで加速され、スリットから高速で布地に吹きかけられる。ネットコンベアー上の布地は、上の段から下の段に順次落下し、最終段より搬出される。(図 3.3.2-20、21 参照)

今日、日本での回分式染色加工の乾燥装置は、このネットコンベアー方式にほぼ入れ替えが終わっているが、アジア各国ではループ式や、ネットではなく、フェルト上を布地が搬送される乾燥装置が使われている。

この種の乾燥装置やテーターでは、綿ボコリが発生しこれが、熱風ダクトや熱交換機にくっつくと障害がでるので、熱風の循環系統に綿ボコリを集めるフィルターが装備されている。しかし、このフィルターが綿ボコリで埋め尽くされると通風量が低下し、乾燥効率が低下するので、このフィルターの清掃は、省エネの第一歩である。最近ではこのフィルターの綿ボコリを周期的に自動クリーニングする装置が組み入れられたものもある。廃熱回収や排気センサーによる排気ファンのインバータによる制御も省エネには必須である。

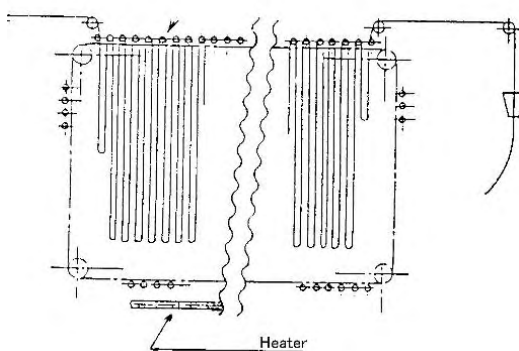


図 3.3.2-19 ループ乾燥装置概略図

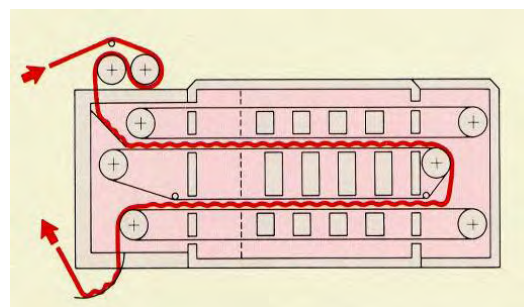


図 3.3.2-20 ネットコンベアー乾燥装置略図

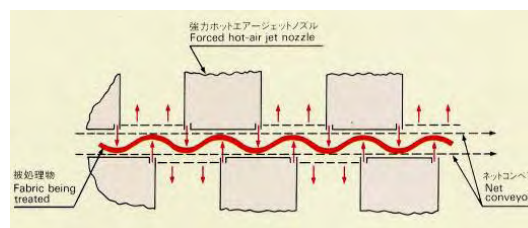


図 3.3.2-21 ネットコンベアーでの熱風乾燥の概略図

c) プレセット工程の省エネ

この工程については、p3-126 の d)連続染色工程の幅出 (Heat setting) および樹脂加工装置、ヒートセットの場合の処置ですでに記述しているので参照されたい。

d) 減量加工および乾燥工程の省エネ

減量加工は、主にポリエステル 100%または、ポリエステルの割合の高い、主として織物に行われる加工である。加工原理は、ポリエステルに濃厚な苛性ソーダを反応させ、ポリエステルを加水分解させることにより、ポリエステル繊維をやせさせて、柔らかくし風合いを改善する加工である。減少量（減量）は約 20%程度である。この減量率は、反応させる苛性ソーダのモル比に比例するので、苛性ソーダの付与量によりコントロールがなされる。この加工は日本で開発された加工法で、我国でも初期の頃は回分式で行われていた。今は規模の小さいところは回分式が残っているが、大規模工場から連続式に転換が図られ、ほとんどの工場で連続式が行われている。

この装置は、連続精練装置に類似しており、省エネのポイントはほぼ同じである。ただ「イ」国では今も回分式で行っている企業が多く、これを連続式に変えるには多くの投資が必要である。現在の回分式の場合はリラックス工程に類似した省エネ対策が採られる。

e) 回分式染色装置の省エネ

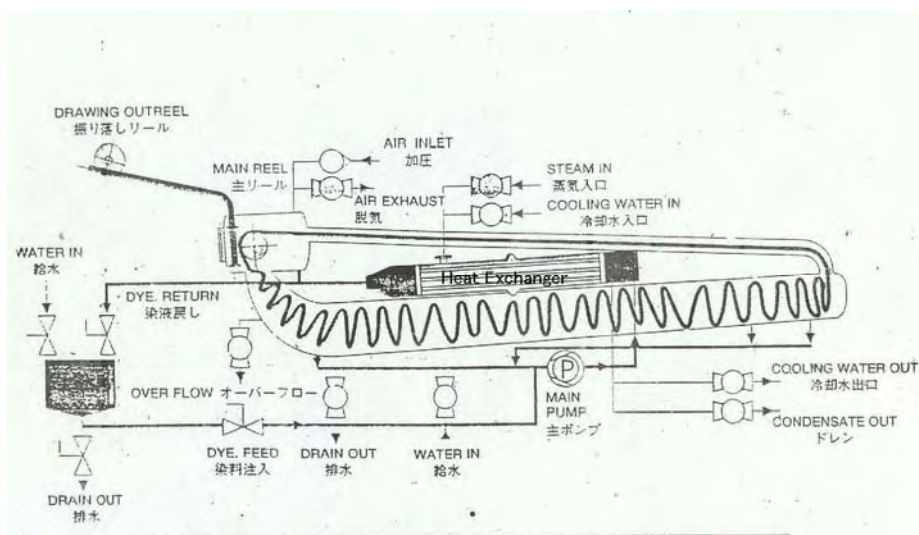


図 3.3.2-22 代表的な高圧液流染色機概略図

回分式染色加工で多くの電力と蒸気を消費する工程である。これには主に Jet 染色機／高圧液流染色機と呼ばれている装置が使われる(図 3.3.2-22)。

染色操作は、回分式であるために毎回、布地を染色機に入れ、染色浴を徐々に昇温し、高圧下で最後は 135℃まで昇温する。昇温は、ボイラーからの蒸気で染色機中の熱交換機により加温される。染色される布地は、染色機の中を常時高速度で循環しており、布地の搬送はリラクシングの時と同様に、高出力ポンプの噴出力で染色機のノズルで Jet 流を作り、この水流に乗って布地が循環する仕組みである。

布地と染色液の比率を浴比 (Water ratio) と称している。この比が小さいほど、染色液や洗浄水が少なく済むために昇温のエネルギーや染色液循環のポンプエネルギーが少なくで

きる。しかし、染色液が少なくなると、布地がうまく搬送されなくなる場合や、布地が完全に染色液に浸からないために染色ムラの発生の危険があるので、個々の染色機にはその限界がある。回分式染色機の開発の歴史は、この浴比を下げる工夫の歴史であった。今日のポリエステル染色浴比は 1:6 程度が限界とされている。1980 年代の装置では 1:10 程度が限界であった。

染色が完了すると、高圧下の染色機を常圧まで下げるために、熱交換機に冷水を投入して缶内温度を 80°C 程度に下げて染色液を外部に出す。その後については p3-110 のポリエステルフィラメント織物の加工工程に記述している。

この装置の省エネのポイントである浴比の減少化には、Jet 噴流の状況を柔軟に変更できるインバータの開発とその適応が省電力を副産物にしつつ大きく貢献してきた。既存の染色機の主モータにインバータを付加しても可成りの省エネは可能であるが、最高の結果を出すには、染料液の温度上昇と Jet 噴流速度を旨くかみ合わせるため必要がある。これにはコンピュータ制御のプログラムコントロールが必要となる。特に大容量の装置ではこのことが大変重要である。既存の装置での省エネ努力はリラクシングで述べたことと共通している。

f) 脱水、乾燥工程の省エネ

染色・洗浄された布地は、脱水のために遠心脱水機で処理され、拡布装置 (Scatterer) でロープ状態から開いた状態にし、乾燥工程に入る。ここでの乾燥装置はリラックス工程の乾燥装置と同じである。

g) 仕上げセット工程の省エネ

この工程の装置の組み合わせは種々のバリエーションがあるが、取り扱う素材や生産性によってその組み合わせが異なる。装置の中心はテンターであり、素材の用途に合わせた薬剤の付与を行う必要がある、この薬剤付与の浸漬装置 (Mangle) の後に乾燥機を用いて乾燥させ、続いて幅セットと樹脂剤の架橋を行う。これらの省エネのポイントは連続加工法の p3-123d) 幅出 (Heat setting) および樹脂加工装置と同じである。

薬剤の付与において、合成繊維では素材自体には水分は吸収されておらず、毛細管現象で組織内に水分が滞留している場合は、Mangle で絞るよりもバキュームで吸引するほうが効果的な場合がある。素材と組織でどちらがより多く脱水できるかを検討することも省エネの手段の一つである。

3) 回分式 (バッチ式) 染色加工法 (編物) の省エネ

回分式の染色加工のもう一方の主力素材は編物 (ニット) である、加工工程の概略は図 3.3.2-3 を参照されたい。

1980年代以前では編物は、ほとんどが糸で染色されて、編み立て後に簡単な洗浄・乾燥工程を経て仕上げられていた。一つは横編みのセータ類であり、もうひとつは丸編みの丸仕上げで肌着の延長のTシャツ等であった。

丸編み装置の大型・高速化と染色加工装置の発達により、ニット素材がテキスタイルの仲間に入りスポーツシャツやトレーナー、自動車内装材に多用されはじめたのは1980年代以降でありその歴史は比較的浅い。特に「イ」国では紡織一貫生産体制が早くから根付いており、織物からニットへの転換は、大きな投資を伴うことから余り多くの企業の参入はなかった。しかし、「イ」国においてもニット素材が高い技術が必要であり、高付加価値商品とすることで2000年以降多くの企業が参入し始めている。特にポリエステル織物の加工事業所では染色機や乾燥機を一部改造しニット加工に転用できることから始まり、最近ではニット専用装置の導入の検討が開始されている。

(本分野への投資は、その省エネ効果が大きいことと、商品の世界市場に向け将来性が高いとの判断から、NEDO(新エネルギー開発機構)と「イ」国工業省の協力の下で2007年から、「モデルプラントの実証プロジェクト」として既存装置と新モデル設備とのエネルギー消費量比較が開始されたところである。)

ニット素材には木綿およびその混紡品とポリエステル100%のものがある。前者はスポーツ衣料を中心としたカジュアル素材としての用途であり、後者は自動車内装材が主とした用途である。以下の記述は木綿およびその混紡品の染色加工についてであるが、省エネについての観点はポリエステル100%素材も同じである。

a) 漂白・染色工程の省エネ

丸編みニット生地は、織物と異なり素材の形態が筒状になっている。従って最終の仕上げセットまで筒状で加工される場合もあるが、今日では染色が完了し、乾燥までで切開して平板な状態にする場合と、乾燥まで筒状で行い仕上げセット段階で切開する場合がある。

特に編み組織によっては、切開すると耳はしがカールし、乾燥等が難しい素材は、最終で切開を行う。

木綿素材のニットはまず漂白が行われるが、これも染色前に漂白を専門の大型装置で集中的に行うケースと、後の染色装置で漂白と染色を続けて行うケースがある。最近の傾向としては白物が多い工場では、大型装置で漂白して白仕上げする。色物は染色装置と同じ機械で連続して加工するケースが多くなってきている。この漂白から染色までを連続して加工する場合は、漂白開始から染色終了まで10時間近く掛かる場合もある。特にポリエステルとの混紡品では、木綿とポリエステルの両方の染色工程があり、さらに時間が延びることとなる。ここでの省エネはp3-127回分式(バッチ式)染色加工法(ポリエステル織物)の省エネに準ずるが、ポリエステル100%織物との大きな違いは浴比である。

ポリエステル織物の場合は1:6程度であったが、木綿ニットでは1:12程度にしないと布地がうまく染色機の中を移動できないことである。このためにポリエステル織物を染色していた装置を転用すると一度に投入できる布地の量が極端に少なくなり、効率が悪くなる。

やはりそのための専用機への転換が最終的には必要である。いずれにせよ大量の染色液や洗浄水の昇温は多くの蒸気エネルギーを必要とし、排水量も多くなる。木綿ニットのみの染色であれば、高圧タイプの Jet 染色機でなく常圧タイプでも良い。しかし「イ」国ではポリエステル混紡品も相当多くの比重を占めているので、一般的に高圧タイプの染色機が多く、木綿ニットでも高圧の装置で常圧染色を行っているケースが一般的である。

この漂白・染色での省エネ手段は、ポリエステル織物に準ずるが、木綿の漂白は過酸化水素で行われる。漂白が終了後この過酸化水素を完全に除去しておかないと、その後の染色工程で色ムラが発生する、この過酸化水素の除去に大量の水と蒸気が必要であるが、最近この過酸化水素を分解させる酵素(ペルオキシダーゼ)の使用により過酸化水素の除去を早める方法が、国内では採用されつつある。これなども省エネの観点からは有効であるがコストとの見合いで「イ」国に導入できるか不明である。

染色工程は主として反応染料が多用されているが、この染料は多くの長所を持ち、木綿およびセルロース系の繊維に全世界で使用されている。この染料の最大の欠点は、染料の固着率が低いことである。100部の染料で80部が繊維に固着するが、20部は未固着として繊維上や染液中に残る。特に繊維上に残ったものは十分に洗い流さないと、製品になってから消費者クレームとなる。この繊維上に残った染料の洗浄に大量の高温水が必要である。

(ちなみに染色温度は60℃であるが、洗浄には90℃前後の熱湯が必要である。連続式の向流洗浄ではこの洗浄温度は変わらないが、連続して供給される新鮮水があるから水もエネルギーも効果的に使用される。しかし、回分式では、毎回の洗浄水は廃棄されるので、その都度、熱湯を準備する必要がある。よってニット生地染色では、この洗浄用の熱湯に多くのエネルギーが費やされるのでこの回収が最大の省エネである。1つは蒸気の凝縮水の回収保温、他の1つは排水から熱交換機と、洗浄水のピットの組み合わせで40%以上の熱回収が可能となる。

b) 乾燥・仕上げ工程の省エネ

筒状で染色加工された丸編み生地は、遠心脱水機で脱水され、ねじれを直して乾燥機で乾燥する。この乾燥は生地が二重になっているために乾燥が困難であることから各種の乾燥装置が考案され、導入されたが今日の主流はネットコンベアー乾燥装置である。ニット生地からは大量の綿ボコリが出るので、フィルター掃除は省エネと乾燥効率の維持に欠かせない作業である。乾燥機からの大量の蒸散水分を効率よく排気するために湿度センサーとインバータ制御排気ファンの組み合わせは不可欠な投資である。仕上げ工程には、ここでもテンターが使用される。仕上げ薬剤を含浸し Mangle で絞ってテンターで乾燥させる、場合により架橋反応も行わせるためにテンターは必然的に長くなる、30m 近いテンターの稼働もあり、布の表面温度計、水分計、湿度センサーの3点の組み合わせで熱風循環ファンを最適な条件で運転できるのが最大の省エネである。

またニット用のテンターは幅が広く、長さも長いので装置の保温板からの放熱も大事である。特に天井部の断熱状況を把握し保温材の追加や保温板の隙間からの放熱防止も重要である

ニット生地は織物に比較して幅が広く、また、幅のバリエーションが多い。広い幅のテントに狭い布地を加工すれば、布地以外の部分にも熱風が供給され熱のロスにつながる。幅の広いテントと狭いテントの使い分けも必要である。

仕上げの布幅に合わせて熱風の吹き出し幅の変更が可能であれば大きな省エネにつながる。この機構は伸縮性ノズルとして最近注目をあびている。(詳細は 3.3.2(3)4)を参照)

4) 排水処理設備の省エネ対策

繊維染色企業は、エネルギー消費もさることながら大量の用水を使用している。これらは工程から排水として場外にある排水処理施設に入る。多くの企業では排水処理は、好気性の活性汚泥法で行われている。ここでの省エネにも注力すべきである。



図 3.3.2-23 バンドン近郊の染色企業排水処理曝気槽

a) クーリングタワー

ほとんどの染色企業が廃熱回収を行っていないので処理槽には、温排水が流入している。常識的には、処理は 40°C 以下にする必要があるが「イ」国等の熱帯地方の細菌はもう少し耐熱性が高く 45°C 程度までなんとか活動をしている。いずれにしても現在はクーリングタワーか、貯留地に空気を吹き込んで攪拌等がなされている。廃熱回収が行われればこの電力は不要となる。

b) DO(溶存酸素)の管理

活性汚泥法による排水処理に係わる重要なファクターとして DO の管理がある。排水処理過程に溶存酸素が不足すれば細菌は死滅し処理場が大混乱する。



図 3.3.2-24 バンドン近郊の染色企業の曝気槽へ送気管

このために、ブロワー等を使用して大量の空気を処理槽に送り込んでいるが DO の管理が行われている企業は少なく、やみくもに大量の空気を送り続けている。(図 3.3.2-22, 23) 排水処理用 DO 自動計測装置を用いて溶存酸素量と送風用のブロワーを制御すればかなり大幅な電力の削減につながる。繊維工業の多いバンドン地区では夕方から翌朝に掛けて気温がかなり低下する。気温の低下は溶存酸素が取り込まれやすい環境であってこの時間帯では、ブロワーの運転制御が可能と考えられる。

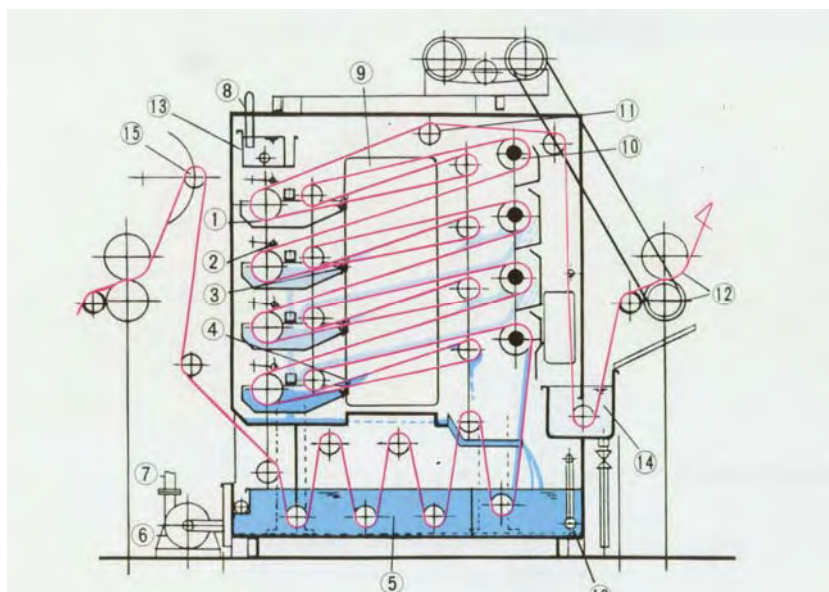
(3) リプレースまたは新設の場合に検討すべき省エネ技術

既に 3.3.2(2)で各種の省エネ技術を紹介したが現有設備をリプレースまたは新設する場合に検討すべき有望省エネ技術を以下に紹介する。

1) 水洗装置

染色加工で最大のエネルギー消費量は水洗装置でありこの改良型が各種発表されている。

一つのボックス内に小型の水洗槽を複数持ち、洗浄水は下部に少したまる程度としている。布地は横方向に二重掛けにし、布地の保有量を多くしている。これ 1 槽で従来装置の数倍の効果が得られ、省エネ、節水に大きな効果がある。



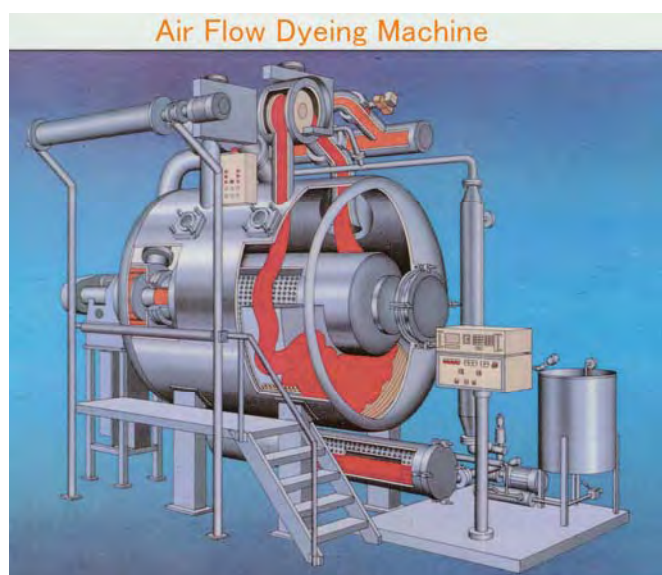
(和歌山鉄工カタログより)

図 3.3.2-25 ポリストリーム洗浄装置

2) 染色装置

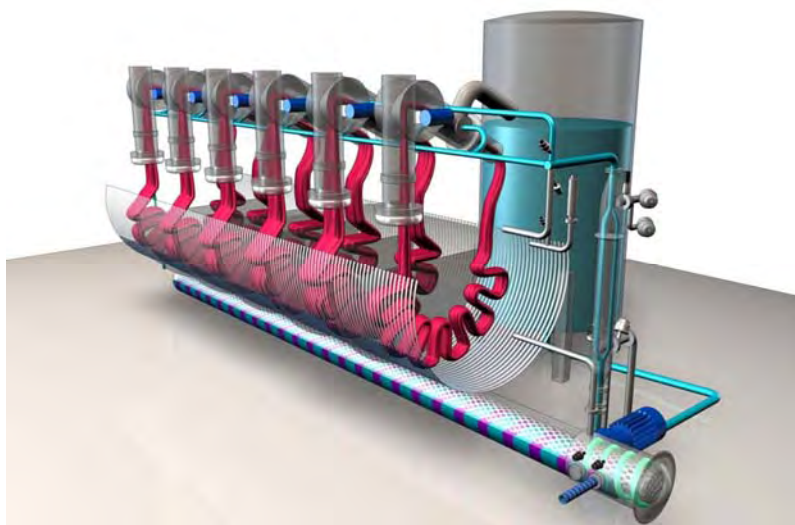
従来の回分式染色装置は、水流を使用して布地を循環させていたが布地には染色に必要な最小限の水分を付与し、布地の循環は、空気流で行うこととした装置。浴比がポリエステル織物で 1:3 で染色可能である。

図 3.3.2-25 の装置は、装置内の排水パイプ中に熱交換機を組み込み、得られた温水を背後のタンクに蓄える仕組みを組み込んでいる。また、布地の循環を円滑に行うために布地のスライダーを設けて、浴比を小さくする仕組みを採り入れている。



(Thies 社カタログより)

図 3.3.2-26 Air-Flow 染色装置

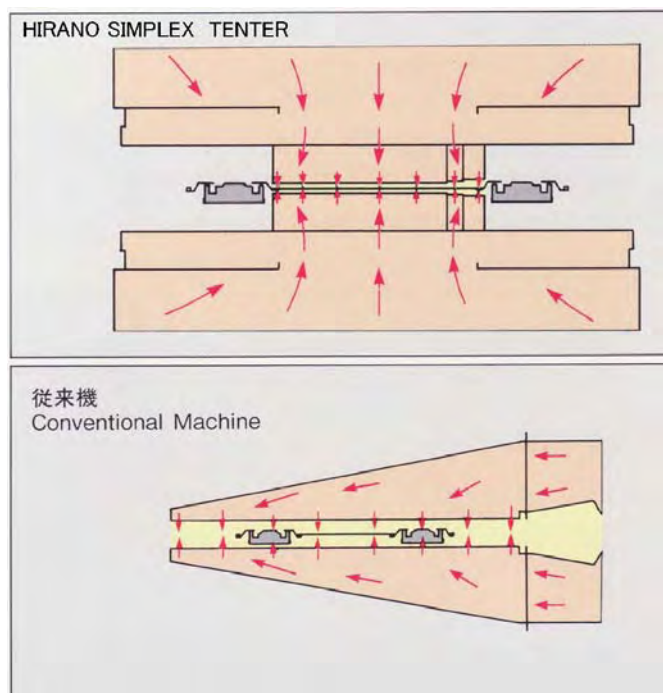


(FONG 社カタログより)

図 3.3.2-27 省エネ機構を盛り込んだ染色機

3) 乾燥機

乾燥機から発生する大量の綿ゴミをフィルターで補足しているが、このフィルターを周期的にクリーニングする装置。



(ヒラノエンテック カタログより)

図 3.3.2-28 幅方向伸縮可能ノズル テンター

4) テンター

布地の幅に合わせてノズル幅を伸縮させる装置(図 3.3.2-28)

幅方向の無駄の排除と共に、熱風吹き出しノズルが布地に接近し、乾燥能力のアップが図れる。

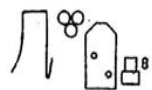
5) リプレースまたは新設の場合に検討すべき有望技術の省エネ効果試算

「イ」国のエネルギー弾性率の低減目標年である 2025 年には、3.3.2(3)に示す新しい設備も含めた現在先進国で実用化されている装置の普及が進むとの仮定で代表的な 3 つの形態について以下に試算を行った。全ての装置のインバータ化は完了したものとして、これを除く省エネポテンシャルを記載した。

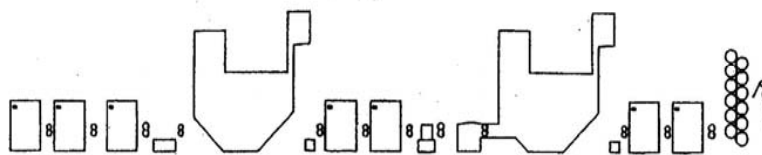
コジェネレーション、ボイラー、ポンプ、コンプレッサー等の汎用設備の省エネをこれらに加えると更なる省エネ効果が得られるものと期待される。

木綿および混紡織物の連続染色加工の新規投資による省エネポテンシャル(1/2)

ガス毛焼工程



糊抜精練漂白工程



精練・漂白	水 (ton/hr)	蒸気		電力 kwh	省エネ率
		(t·hr)			
従来装置	61.0	5.0	115.0		
新設備	35.0	3.0	125.0	36.55%	

1. 高効率向流洗浄装置
2. 洗浄装置の流量、投入蒸気量モニタリング
3. 過乾燥防止装置の設置
4. 廃熱回収装置

マーセライズ工程



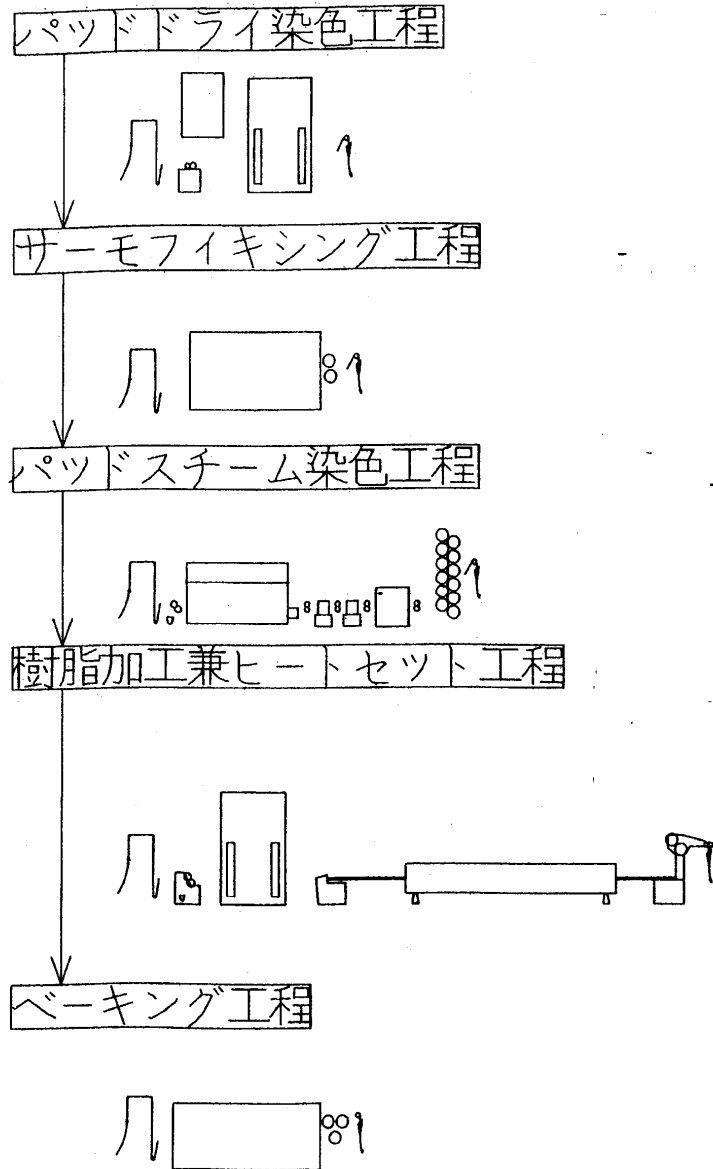
マーセライズ	水 (ton/hr)	蒸気		電力 kwh	省エネ率
		(t·hr)			
従来設備	24.0	2.6	145	時間当たり	
新設備	10.0	1.5	159	34.4%	

1. 高効率向流洗浄装置
2. 洗浄水量・投入蒸気量のモニタリング
3. 過乾燥防止装置の設置
4. 自動薬液濃度制御装置
5. 廃熱回収装置

ヒートセット工程

樹脂加工設備に準ずる

木綿および混紡織物の連続染色加工の新規投資による省エネポテンシャル(2/2)



Pad-Dry	水 (ton/hr)	ガス (Mcal)	電力 kwh	省エネ率
従来設備	1.9	542	6.0	時間当たり
新設備	0.9	345	6.3	44.8%

1. 湿度センサーによる排気コントロール
2. 過乾燥防止制御機構
3. 乾燥機温度の自動温調

Pad-Steam	水 (ton/hr)	蒸気 (t · h r)	電力 kwh	省エネ率
従来設備	16.6	3.24	31.2	時間当たり
新設備	8.5	2.07	26.2	35.8%

1. 自動温度調整機構による蒸気の削減。
2. 水量制御および高効率向流洗浄装置
3. 過乾燥防止制御機構

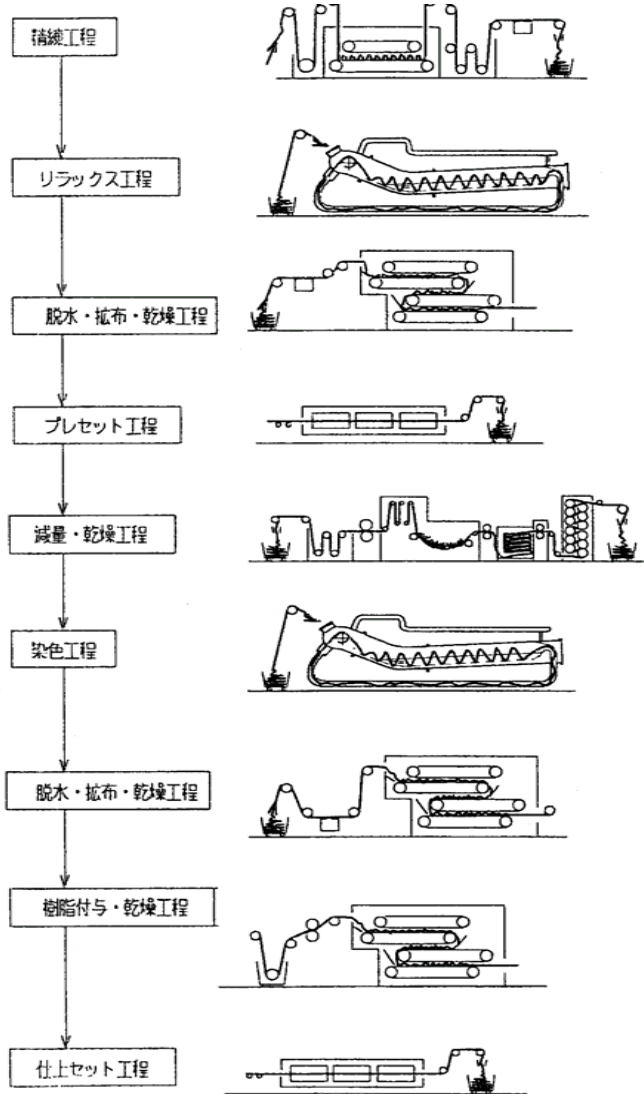
ヒートセットとして使用時

テント	水 (ton/hr)	ガス (Mcal)	電力 kwh	省エネ率
従来設備	1.50	400	91	時間当たり
新設備	1.35	243	66	36.3%

仕上げ乾燥機として使用時

テント	水 (ton/hr)	ガス (Mcal)	蒸気 (t · h r)	電力 kwh	省エネ率
従来設備	1.50	1,085	0.637	152	時間当たり
新設備	1.35	751	0.446	110	34.6%

ポリエステル100%織物の染色加工の新規投資による省エネポテンシャル(1/2)



リラックス工程

1. 布地の走行安定と低浴比化の缶体構造、
2. コンピュータの群管理による最適処理時間の設定
3. 廃熱回収の徹底化

脱水・拡布・乾燥工程

1. 真空脱水装置による脱水能力アップ
2. 機体のコンパクト化による熱容量の低下
3. 機体のコンパクト化による熱分布の均一
4. 機体のコンパクトによる熱ロスの低減

プレセット工程

1. 伸縮性熱風ノズルによる熱エネルギーの効率化
2. 伸縮性熱風ノズルの相対風速上昇
3. 廃熱回収装置による熱回収
4. 自動フィルターによる高率運転

減量・乾燥工程

1. 連続減量法による各種省エネ
2. 水供給制御
3. 温度制御の

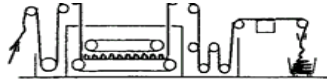

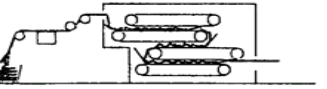
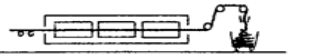
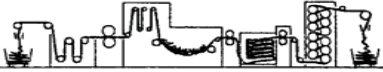

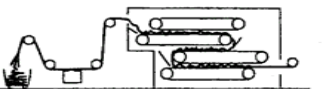
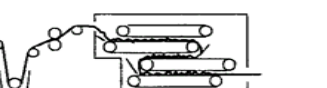
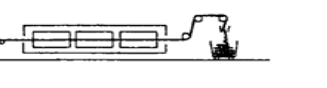


染色工程

1. 布地の走行安定と低浴比化の缶体構造
2. コンピュータ群管理による高率運転
3. 廃熱回収システム（高温排水システム）

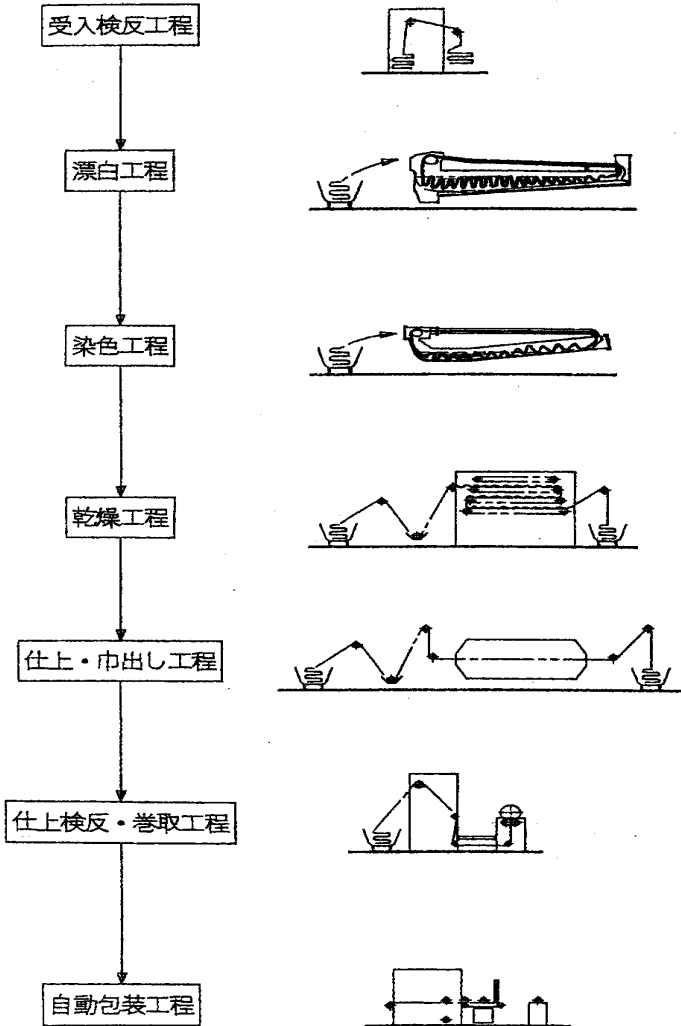
仕上げセット工程

1. 伸縮性熱風ノズルによる熱エネルギーの効率化
2. 伸縮性熱風ノズルの相対風速上昇
3. 廃熱回収装置による熱回収
4. 自動フィルターによる高率運転

ポリエステル 100%織物の染色加工の新規投資による省エネポテンシャル(2/2)

精練工程		<u>リラックス</u>				
		従来設備	水(ton)	蒸気(ton)	電力 kwh	省エネ率
リラックス工程		従来設備	42.3	2.34	212	Batch 当たり
		新設備	22.5	0.55	141	63.5%
脱水・拡布・乾燥工程		<u>脱水・乾燥</u>				
		従来設備	水(ton/hr)	蒸気(t/hr)	電力 kwh	省エネ率
プレス工程		従来設備	0	0.95	75.5	時間当たり
		新設備	0	0.35	90.7	45.2%
減量・乾燥工程		<u>プレス</u>				
		従来設備	水(ton/hr)	ガス (Mcal)	電力 kwh	省エネ率
減量・乾燥工程		従来設備	0	390	62.3	時間当たり
		新設備	0	220	70.4	28.6%
染色工程		<u>減量・乾燥</u>				
		従来設備	水(ton)	蒸気(ton)	電力 kwh	省エネ率
脱水・拡布・乾燥工程		従来設備	50	6.3	2.0	Batch 当たり
		新設備	4.5	2.2	48.1	62.3%
樹脂付与・乾燥工程		<u>染色</u>				
		従来設備	水(ton)	蒸気(ton)	電力 kwh	省エネ率
仕上セット工程		従来設備	53.8	2.34	423	Batch 当たり
		新設備	28.8	0.65	282	57.9%
仕上セット工程		<u>仕上セット</u>				
		従来設備	水(ton/hr)	ガス (Mcal)	電力 kwh	省エネ率
		従来設備	0	400	81	時間当たり
		新設備	0	280	91	28.0%

木綿およびその混紡品ニットの染色加工の新規投資による省エネポテンシャル(1/2)



漂白・染色工程

1. 低浴比化への機体構造
2. 廃熱回収システムの標準化
3. コンピュータ群管理による省エネ運転
4. 薬剤自動投入による歩留まりの確保

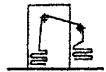



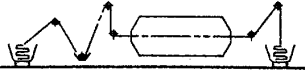
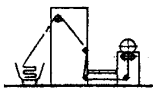
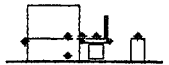
乾燥工程

1. 機体構造のコンパクト化による熱容量の低減
2. コンパクト化に伴う熱ロスの低減
3. 自動フィルターの設定
4. 乾燥水分量の自動制御
5. 排気湿度のモニタリングと排気調整

仕上げ幅出し

1. 保温板の強化
2. 自動フィルターの設定
3. 廃熱回収システム
4. ファンモータのインターロック
5. 排気湿度のモニタリングと排気自動調節

木綿およびその混紡品ニットの染色加工の新規投資による省エネポテンシャル(2/2)

受入検反工程		漂白	水(ton)	蒸気(ton)	電力 kwh	省エネ率
		従来設備	15.8	1.3	84.2	Batch 当たり
		新設備	22.1	0.69	22.1	51.0%
漂白工程		染色(木綿)	水(ton)	蒸気(ton)	電力 kwh	省エネ率
			従来設備	10.5	0.79	30.6
染色工程		新設備	5.6	0.34	21.4	53.0%
			染色(T/C)	水(ton)	蒸気(ton)	電力 kwh
乾燥工程		従来設備	17.3	1.24	80.5	Batch 当たり
			新設備	9.2	0.53	52.5
仕上・巾出し工程		乾燥	水(ton/hr)	蒸気(t/hr)	電力 kwh	省エネ率
		従来設備	0	0.92	68.0	時間当たり
仕上検反・巻取工程		新設備	0	0.56	60.0	33.8%
			仕上(セツ)	水(ton/hr)	ガス(Mcal)	電力 kwh
自動包装工程		従来設備	0	500	60.0	時間当たり
			新設備	0	320	65.0