

A QUÍMICA DO PROCESSAMENTO TÊXTIL

M. R. Alcântara*

Instituto de Química - Universidade de São Paulo - Av. Prof. Lineu Prestes, 748 - 05508-900 - São Paulo - SP

D. Daltin

Oxiteno Indústria e Comércio S. A. - Av. das Indústrias, 365 - 09380-900 - Mauá - SP

Recebido em 6/6/95; aceito em 19/10/95

TEXTILE CHEMISTRY. The manufacture of textiles is one of the most important chemical-consuming activities, ranging from raw materials for synthetic or artificial fibers to the development of auxiliary products for successive steps of textiles processing. In this work we present an overview of chemical processes with the chemicals used in each of the following steps: fiber spinning, weaving, bleaching, dyeing, printing and finishing. For sake of clarity, we have included some historical remarks and we present these processes according to the same sequence as they occur in the textile industry.

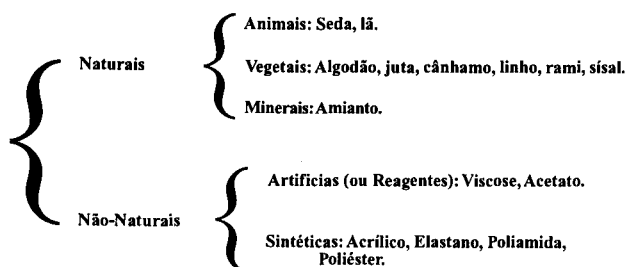
Keywords: textile chemistry; textile auxiliary; chemical industry.

Um dos mais significativos mercados de consumo de produtos químicos é o setor têxtil, tanto na fabricação de fibras sintéticas e artificiais quanto na utilização de produtos auxiliares. Fibras sintéticas requerem matérias-primas petroquímicas enquanto que as artificiais são obtidas a partir de modificações químicas da celulose. Os produtos auxiliares são indispensáveis para tornar eficientes as etapas de fabricação de fibras, fios e tecidos, bem como no acabamento destes materiais. Neste trabalho mostramos a importância dos produtos químicos, principalmente das formulações, no processamento têxtil. O assunto é desenvolvido na ordem em que as transformações ocorrem na indústria têxtil.

- A. Fibras Têxteis.
- B. Fiação.
- C. Tecelagem.
- D. Beneficiamento -
 - D.1. Beneficiamento primário.
 - D.2. Tingimento.
 - D.3. Estamparia.
 - D.4. Acabamento final.

A. FIBRAS TÊXTEIS

As fibras têxteis podem ser divididas e classificadas em:



A.1. Fibras Naturais

As fibras naturais podem ser de origem animal, vegetal ou mineral. As mais utilizadas são a lã, a seda, o algodão e o linho.

A lã é uma fibra natural composta por polímeros de queratina (polipeptídeos) ligados por pontes de cistina (ligação S-S) que dão à fibra características de fixação de formas por calor (por exemplo vincos). A composição elementar da queratina é aproximadamente a mesma para diferentes tipos de lã, porém, o conteúdo de enxofre varia dentro de grandes limites. Ao longo das cadeias de polipeptídeos existem amino-ácidos que podem adquirir cargas elétricas, fazendo com que apareçam além das ligações cruzadas, complexas interações entre cadeias adjacentes e entre centros da mesma cadeia polipeptídica (pontes de hidrogênio).

Transformações intramoleculares ocorrem de acordo com o tratamento ao qual a lã é submetida, como por exemplo, a mudança da queratina de uma configuração α (fibra original), na qual as cadeias formam ondulações regulares, para uma configuração β (fibra estirada) onde a fibra se apresenta esticada, ocorre quando a fibra, sob tensão, é tratada com água quente ou vapor. Neste caso, o estiramento das cadeias é facilitado por uma ruptura hidrolítica de ligações cruzadas. A água quente também age no sentido de manter as fibras sob tensão, assim os resíduos das ligações rompidas formam novas ligações em outras posições, impedindo a contração e a dobra das cadeias.

A seda é uma fibra produzida pelo bicho-da-seda (*Bombyx mori*) e é composta principalmente por 25 % de sericina e 65 % de fibroína, duas proteínas. A fibroína é caracterizada pelo alto conteúdo de glicina e alanina (75%) e ainda serina e tirosina (25%). Estudos de raio-X mostraram que esta fibra pode ser vista como um sistema bifásico, com uma fase fortemente orientada (contendo glicina, alanina e serina) e uma fase amorfa (com resíduos de tirosina, prolina e ácidos carboxílicos), contendo grupos volumosos que impedem o empacotamento regular tornando-a menos orientada. Além disto, pode-se considerar a existência de uma estrutura secundária correspondendo à forma β . É interessante notar que a fibroína contida no canal da glândula de secreção de seda do bicho da seda é solúvel em água e, como demonstrado por padrões de raios-X é globular, não tendo orientação. A formação de cadeias β tem lugar no momento em que o bicho da seda está prestes a fiar. Nestas circunstâncias, a grande pressão que é criada promove o desenrolamento das cadeias polipeptídicas. É possível que certas substâncias, com reações ácidas, produzidas nas paredes glândulares e particularmente nos dutos de saída, comecem a agir neste momento.

*E-mail: mralcant@quim.iq.usp.br

O **algodão**, usado há mais de 7000 anos, é constituído basicamente de celulose, ceras naturais e proteínas. O grande número de grupos hidroxilas da celulose propicia uma grande capacidade de absorver água (cerca de 50 % do seu peso). A celulose é um polímero rígido, com moléculas assimétricas. Dentro das fibras as macromoléculas estão, de modo geral, arranjadas ao longo do eixo principal.

O **linho**, provém do caule da planta de mesmo nome (*Linum resitatisimim*) e contém aproximadamente 70 % de celulose. É caracterizado pela sua elevada resistência e alta maciez.

A.2. Fibras Não-Naturais

A idéia de se produzir fibras não naturais surgiu em meados do século XVII. O inglês Robert Hooke propôs produzir seda artificial e 70 anos depois Reaumur sugeriu que se poderiam produzir fios a partir de uma solução coloidal feita no laboratório. Porém, a primeira "seda artificial" só foi produzida na França, em 1889.

Em 1839 A. Payen inventou o processo de separação de celulose da madeira. Em 1845-46 F. Schönbein inventou o algodão pólvora (celulose + ácido sulfúrico + ácido nítrico) e dissolveu-o em éter alcoólico produzindo o Colodão. Em 1883 Wilson Swan dissolveu a nitrocelulose em ácido acético concentrado e fez passar esta solução por uma fieira, solidificando seguidamente o fio produzido. Esses filamentos eram usados em lâmpadas elétricas incandescentes.

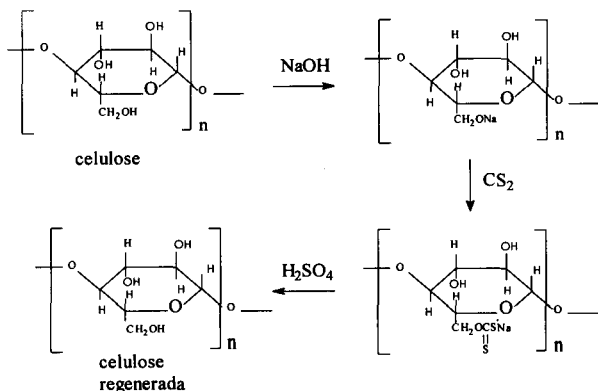
Em 1889 Hilaire de Chardonnet produziu a primeira "seda artificial" constituída por nitrocelulose, apresentada nesse ano na Exposição de Paris. Logo a seguir, na Alemanha, Max Fremery e Johannes Urban produziram a celulose cuproamônica. Na Inglaterra desenvolveu-se a produção de viscose, cujo processo industrial só alcançou viabilidade técnica para a produção de raionas (fibras contínuas) e fibras descontínuas para a fiação em 1921.

Em 1935 Wallace H. Carothers e a equipe científica da DuPont produziram o Nylon 66, uma poliamida e em 1938, na Alemanha, Schalack experimentou (a serviço da IGFarben) a polimerização da caprolactama, dando origem à Poliamida 6 ou Perlon.

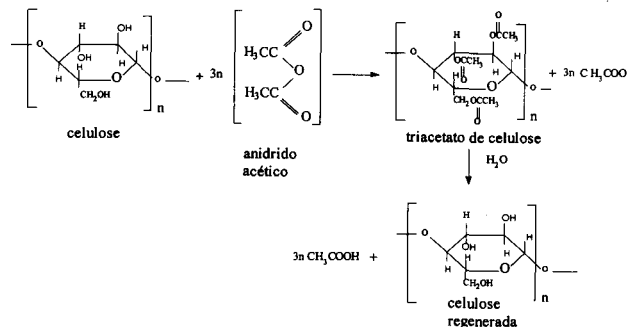
Após estas descobertas surgiram outras fibras sintéticas que revolucionaram a indústria têxtil pela produção de novos artigos e pela criação de novas possibilidades de consumo, portanto novos mercados.

A.2.1. Fibras Regeneradas ou Artificiais

A **viscose** é produzida a partir da madeira. Esta é dissolvida em hidróxido de sódio 18 % e sofre um batimento com dissulfeto de carbono. A solução obtida, o xantato de celulose, se solidifica ao esfriar. Este produto é dissolvido em uma solução de hidróxido de sódio e é extrusado em fios que são mergulhados em banho coagulante de ácido sulfúrico.



O **acetato** também é produzido a partir da celulose da madeira. Esta reage com anidrido acético na presença de ácido acético glacial e ácido sulfúrico como catalisador, obtendo-se o triacetato de celulose. Posteriormente, é adicionada uma pequena quantidade de água de maneira a ocasionar uma saponificação parcial do produto. O acetato de celulose, contendo 53,5 - 56,0 % de ácido acético, é dissolvido numa mistura de acetona/álcool e extrusado em forma de fios. Durante a extrusão o solvente evapora e os filamentos se solidificam.

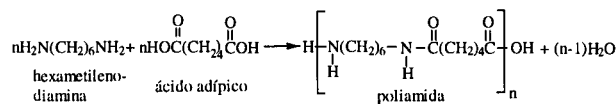


Em comparação com fibras de viscose, estas são menos higroscópicas com menor inchamento em água. Caracterizam-se por alta elasticidade e baixa densidade, mas sua resistência à abrasão é menor do que a da fibra de viscose.

A.2.2. Fibras Sintéticas

As fibras sintéticas são produzidas a partir de matérias primas da indústria petroquímica.

A **poliamida** é fabricada a partir da reação de ácido adípico e hexametilenodiamina.



Estes compostos são dissolvidos em metanol e aquecidos, dando origem ao chamado "sal nylon", que tem sua policondensação terminada a 280 °C. Esta massa fundida é fiada e solidifica-se ao ar frio. À saída da fieira, as moléculas de polímero apresentam uma disposição caótica, conferindo ao fio uma baixa resistência. Torna-se necessário submetê-los a um processo de estiramento para paralelizar as moléculas e aumentar a resistência da fibra. A estrutura química destas fibras apresenta grupos amida que formam ligações cruzadas entre as cadeias metilênicas. As macromoléculas de poliamidas também contêm, embora em pequeno número, grupos funcionais ativos como amino grupos e carboxi grupos nos finais das cadeias. Para ajustar o grau de polimerização (como terminador de cadeia), adiciona-se um ácido monocarboxílico, geralmente ácido acético, que reage com os amino grupos formando grupos amino-ácidos terminais.

O **poliéster** é obtido através da reação do ácido tereftálico (DMT) com etileno glicol à quente na presença de catalisadores. A policondensação exige um período de 5 a 8 horas sendo efetuada sob pressão reduzida numa temperatura próxima de 300 °C para que o polímero fique suficientemente fluido. A pureza do DMT e o uso de catalisadores específicos permite a atuação mais direta sobre o etileno glicol. O polímero recolhido no fim da policondensação é solidificado por jatos de água fria e cortado em grãos regulares que apresentam, muitas vezes, uma forma cúbica. O polímero fundido é fiado e os fios são solidificados por uma corrente de ar frio.

O **acrílico** é obtido através da polimerização da acrilonitrila em emulsão aquosa utilizando peróxido como catalisador. Como o polímero é insolúvel em água, este precipita no fundo do reator. Este precipitado, após lavagem e secagem, apresenta-se como um pó branco que é dissolvido em dimetilformamida e fiado. Os fios são solidificados por secagem ao ar quente.

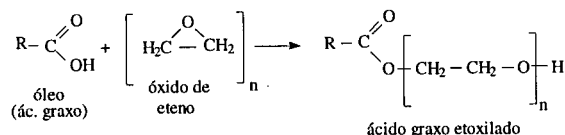
B. FIAÇÃO

O processo de fiação compreende a produção de fios a partir de fibras naturais ou não naturais. As fibras não naturais podem ser obtidas por extrusão contínua, não sofrendo o processo de fiação, porém, o seu aspecto final é ruim. Para tornar esta fibra mais semelhante à fibra natural pode-se proceder ao corte na saída da extrusora, formando fibras ou microfibras (de menor comprimento), que serão fiadas normalmente.

Uma vez que para as diversas fibras o processo de fiação é semelhante, este trabalho se prenderá à fiação do algodão, matéria prima mais freqüente no Brasil.

O algodão chega à fiação sob a forma de fardos. Estes fardos passam por um processo de abertura no qual são desmanchados e limpos por máquinas especiais. Depois, passam para o batedor onde ocorre a limpeza e desagregação das fibras que são conduzidas, a partir daí, por sucção.

No batedor pode haver mistura de fibras que, por apresentarem superfícies diferentes, não se misturam homogeneamente. Para resolver este problema, são aspergidos sobre as fibras óleos lubrificantes que são ou óleos minerais com emulsionantes ou óleos vegetais etoxilados. A etoxilação consiste na reação de moléculas graxas que apresentem hidrogênios ácidos com óxido de etileno, produto da oxidação catalítica do eteno.



Dependendo do grau de etoxilação, o óleo torna-se mais ou menos solúvel em água mantendo as características lubrificantes da parte hidrofóbica. Estes lubrificantes tornam as superfícies das diversas fibras mais parecidas, impedindo a sua separação.

Durante a fiação, ocorre o atrito das fibras entre si ou com outros materiais, que geram cargas elétricas superficiais. Estas cargas acarretam a repulsão entre as fibras provocando a expulsão das fibrilas em forma de pó. É comum, nestes casos, se adicionar um anti-estático que pode, inclusive, ser o próprio lubrificante. É importante também que estes lubrificantes sejam solúveis em água para facilitar a remoção por lavagem. Tornar estes óleos lubrificantes solúveis é a principal função da adição de emulsionantes ou da etoxilação neste tipo de produto.

As fibras são succionadas para uma máquina conhecida como carda, onde formam, por filtragem, uma manta de fibras em posição caótica, como aquela obtida em um filtro de aspirador de pó. Esta manta será penteada pela carda a fim de se obter fibras paralelas que facilitam a produção de fios. Esta paralelização é obtida pela escovação da manta em sentido contrário ao seu avanço.

A manta é então cortada em fitas no sentido do comprimento, com largura de aproximadamente 1,5 cm, sendo chamadas de fitas de carda. Estas fitas sofrerão processo de estiragem, passando por pares de cilindros sucessivos onde cada par de cilindros subsequente gira a uma velocidade um pouco maior que o par anterior. A nova fita obtida tem aproximadamente 4 mm de largura, sendo ainda muito pouco resistente.

Um fio mais uniforme, fino e resistente, o chamado fio penteado, pode ser obtido submetendo-se as fitas de carda a um novo processo de penteação que se assemelha a uma nova

cardagem, paralelizando as fibras que ainda estejam cruzadas às demais, e removendo as fibras curtas.

A fita obtida após a estiragem inicial apresenta pouca resistência, o que é resolvido por processos sucessivos de retorcimento e estiramento, obtendo-se um fio simples. O número de ciclos estiramento/retorcimento determinam a espessura e portanto a resistência do fio. Estas características também dependem do comprimento médio das fibras e do número de retorcimentos que cada fibra sofreu.

O fio simples obtido desta forma pode ser retorcido juntamente com um ou mais fios, formando os fios compostos lisos ou fantasia, dependendo do tipo de torção empregada. Estes fios são enrolados em cones, e passam para a etapa de tecelagem. Antes de enrolar os cones é comum a utilização dos chamados óleos de conicalagem que são óleos solúveis que diminuem o atrito devido à alta velocidade do processo.

No caso de fios sintéticos formados por filamentos contínuos, é comum o processo de texturização que separa os filamentos individuais e confere maior volume ao fio. Neste processo podem ser utilizados agentes físicos ou químicos. No processo físico clássico, o fio torcido é fixado sob ação do calor e, em seguida, destorcido. Fios de torções opostas são então retorcidos. Outro método utilizado é o procedimento de aresta no qual o fio, mantido a alta temperatura, passa por uma aresta que desorienta as moléculas das fibras, causando tensões diferenciais que levam ao enrolamento do fio. Em particular, este tipo de processo é aquele utilizado para se enrolar fitilhos para enfeites.

O processo químico para texturização consiste em proceder à fiação utilizando dois polímeros de encolhimento diferentes. Depois do produto acabado, um tratamento em meio úmido, provoca o encolhimento diferencial das duas fibras. Também é comum a fiação de misturas de fio sintético com outro fio natural como é o caso do fio elástico onde se mistura lycra com algodão ou nylon.

C. TECELAGEM

A tecelagem se caracteriza, tradicionalmente, pelo cruzamento de dois sistemas de fios paralelos. O primeiro sistema é composto por fios que entram no tear, já paralelizados, chamados fios de urdume, como mostra a figura 1.

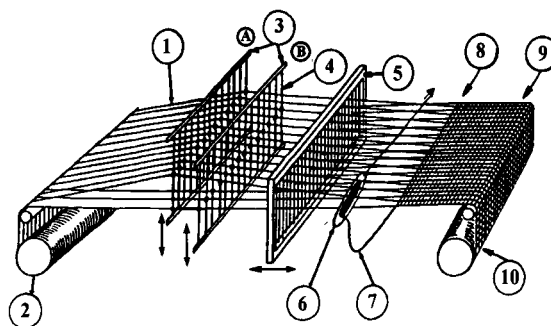


Figura 1. O tear. (1) fios de urdume; (2) rolo de urdume; (3) e (4) quadros de liços; (5) pente; (6) lançadeira; (7) fio de trama; (8) última camada tecida; (9) tecido; (10) rolo de tecido.

Os fios de urdume (1) saem do rolo de urdume (2) e passam pelas agulhas (4) dos quadros de liços (3). No caso de tecidos simples, os fios são intercalados entre os quadros de liços (A) e (B). O abaixar e levantar alternados destes quadros de liços faz com que se abra, entre as duas camadas de fios, um espaço chamado de cala, por onde é inserido o fio de trama (7) através de uma lançadeira (6) ou outro sistema. Logo após a passagem do fio de trama, o pente (5) se desloca fortemente para a direita, batendo os fios de trama de forma a aproximar este último

fio dos anteriores (8). Este processo se repete a velocidades que podem chegar a 1000 batidas por minuto, produzindo o tecido (9) que é enrolado no rolo de tecido (10).

O processo de paralelização dos fios, formando o rolo de urdume, é chamado de urdição. Neste rolo estão enrolados, em média, de 1000 a 10.000 fios paralelos entre si, dependendo da espessura do fio e da qualidade do tecido desejado. De cada um dos 1000 ou 10.000 cones é puxado um fio que será enrolado no rolo de urdume.

Os fios de urdume, devido à velocidade dos teares, sofrem com o atrito durante a tecelagem. Quanto mais rápido o tear, mais batidas do pente contra a trama ocorrerão, variando de 140 batidas por minuto em teares antigos até 1000 batidas por minuto em teares mais modernos. Quanto mais batidas, maior a tensão que os fios de urdume devem suportar. Quando um fio de urdume arrebenta, o tear é parado. A localização do fio arrebentado, a emenda deste e reativação do tear provoca uma perda de tempo muito grande. Por isto, é necessário reforça-los submetendo-os à engomagem antes da tecelagem.

C.1. Engomagem

A engomagem consiste na impregnação e revestimento dos fios de urdume, com substâncias adesivas e formadoras de um filme sobre suas superfícies, para aumentar a resistência mecânica dos fios pela melhor adesão entre as fibras. As gomas tornam a superfície do fio mais lisa, sem fibras projetadas lubrificando-as e diminuindo suas tensões e os atritos.

De modo geral a goma deve:

- ter adequado poder de adesão à fibra
- ter poder de coesão
- ter boa capacidade de formação de película
- ter elasticidade e resistência à ruptura
- ter resistência à abrasão
- ter boa fluidez
- ter bom poder de penetração
- ter flexibilidade e maleabilidade
- impor lubrificação aos fios engomados
- ser razoavelmente higroscópica
- ser resistente ao mofo
- ser facilmente retirada
- ser econômica.

Esta substância adesiva, a goma, ainda hoje é tradicionalmente formulada de amido de milho, ou de batata, cozidos em água. O amido é mais utilizado por ter menor custo, porém necessita de agentes auxiliares que melhorem seu desempenho. Ele também apresenta problemas para sua retirada do tecido além de causar poluição ambiental. Atualmente, começam a ser utilizados o álcool polivinílico, a carboximetilcelulose, o carboximetilamido ou poliácridatos. Existem os chamados "blends" que são misturas de amido com algum outro produto, geralmente poliácridatos que aumentam a adesividade da goma impedindo a formação de pó, e os "blends nobres" que são misturas sem amido que são solúveis em água facilitando o processo posterior de retirada.

Tabela 1. Tipos de engomantes.

ENGOMANTE PRINCIPAL	ALGODÃO	LÃ	MISTURA DE POLIÉSTER (1)	ACRÍLICO	ACETATO E NYLON	POLIÉSTER
AMIDO (2)	X	X	X	X		
CMC (3)	X	X	X			
PVA (4)	X	X	X	X		X
PVAc (5)	X	X	X	X		X
POLIACRILATOS	X	X	X	X	X	X
POLIÉSTERES						X

(1) Misturas de poliéster com algodão, lã e/ou viscose; (2) Amido e seus derivados: CMA (carboximetilamido), amido etoxilado e amido hidroxilado; (3) Carboximetilcelulose; (4) Álcool polivinílico; (5) Acetato de polivinila.

A formulação da goma é selecionada de acordo com o tipo de fio, o maquinário de tecelagem, a facilidade de desengomagem posterior do tecido e o custo. A tabela 1 apresenta os tipos de engomantes mais empregados relacionado-os com as fibras nas quais eles apresentam maior afinidade de penetração.

Nas formulações de goma, o conteúdo de lubrificantes é, em média, de 5% a 6% do total da formulação e os auxiliares de engomagem 1% a 2%. Os lubrificantes são adicionados ao banho de engomagem para a proteção da película e o deslizamento do fio. Os tipos de lubrificantes variam de acordo com o tipo de fibra (tabela 2).

A engomagem dos urdumes ocorre como processo contínuo, em máquinas onde os fios são desenrolados, e mergulhados em banhos contendo a goma. Na saída os fios são espremidos para retirar o excesso de goma e secos por prensagem em rolos aquecidos.

O aumento da velocidade de funcionamento dos teares os fios de urdume têm de se tornar ainda mais resistentes e maleáveis, evitando sua quebra durante a fiação. Para isso, produtos auxiliares que favoreçam o desempenho das gomas foram desenvolvidos. Alguns destes são mostrados na tabela 3. A formulação de goma é um processo muito complexo, pois varia com a qualidade do fio, tipo de matéria prima, tipo de tear a ser usado e tipo de tecido desejado.

C.2. Tecelagem

Depois de engomados, os urdumes passam para a tecelagem.

Existem vários tipos de tecidos, obtidos por diferentes processos:

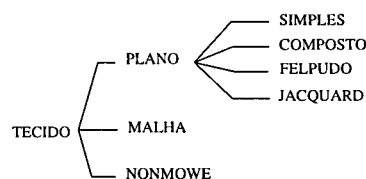


Tabela 2. Tipos de lubrificantes utilizados.

100 % ALGODÃO; ALGODÃO/POLIÉSTER; POLIÉSTER/VISCOSE	- SEBO E DERIVADOS (HIDROGENADOS OU SULFATADOS) - ÁCS. GRAXOS E DERIVADOS (ÉSTERES DE GLICERINA, DE ÁC. ESTEÁRICO, OLÉICO OU DE SEBO) - PARAFINAS
100 % NYLON; 100 % POLIÉSTER	- ÓLEOS MINERAIS EMULSIONADOS ou ETOXILADOS

Tabela 3. Auxiliares na formulação das gomas.

PRODUTO	FUNÇÃO	BASES QUÍMICAS MAIS USADAS
FLUIDIFICANTE	Melhora a viscosidade da goma.	Persulfato de sódio.
PENETRANTE	Facilita a penetração da goma no fio, usado basicamente para o amido.	Diocilsulfosuccinato de sódio; Glicose.
AGENTE DE PÓS ENCERAGEM	Aplicado em um banho após a engomagem. Funciona como lubrificante de superfície.	Sebo hidrogenado; Óleos vegetais etoxilados ou sulfatados; Cera de polietileno.
REFORÇADOR DE PELÍCULA	Melhora a resistência da película de amido.	Carboximetilcelulose (CMC); Álcool polivinílico (PVA); Carboximetilamido (CMA); Poliácridatos.
PLASTIFICANTE (GERALMENTE PARA FIOS SINTÉTICOS)	Aumenta a adesividade da goma ao fio e sua elasticidade.	Trietileno glicol; Poliacrilatos; PVA.
AGENTE HIGROSCÓPICO	Mantém a umidade no fio engomado para evitar a descolagem da goma e formação de pó durante a tecelagem.	Uréia; Polietilenoglicol de alto peso molecular; Sorbitol; Glicerina; Glicose.
ANTIESPUMANTE	Evita extravazão do banho por formação de espuma.	Suspensão de estearato de alumínio em óleos minerais; Álcoois graxos fosfatados; Microemulsão de silicone.
AGENTE ANTI-MOFO	Evita ataque microbiológico aos urdumes engomados.	Sal sódico de orto-fenil-fenol; Formol; Benzoatos.

C.2.1. Tecidos Planos

A tecelagem se resume ao processo mostrado no item C. Nos teares mais modernos a lançadeira é substituída por um jato de ar com função de levar o fio de um lado a outro da cala, e apresentam até oito quadros de liços para programação do tear a fim de produzir-se desenhos na trama como no jacquard, ou programação de passagem de fios para criação de efeitos de textura como na sarja ou no crepe. Tecidos felpudos são produzidos em teares especiais onde existem dois rolos de urdume, um para o urdume propriamente dito e outro para a felpa que é inserida por agulhas antes da batida do pente no tear que prende a felpa.

C.2.2. Malha

A malharia surgiu da mecanização do processo de tricotagem, conhecido há séculos. A malha é formada por laçadas de fios que são atravessadas por novas laçadas. Neste sentido, um tear de malha se baseia num conjunto de agulhas que formam e passam as laçadas, formando novas carreiras de laçadas na malha. Os primeiros teares de malha tinham as agulhas situadas em uma linha reta, como as máquinas de tricô domésticas. Os mais modernos são circulares para evitar a perda de tempo na parada do "carro" para mudança de sentido, podendo ter vários carros e, as vezes, ocupando todo trilho de agulhas.

A partir do início do século XX, devido à sua elasticidade e maciez e ao grande desenvolvimento dos teares, a obtenção da malha passou a ocupar um volume relevante. Um bom malheiro, no início do século, conseguia produzir 200 laçadas por minuto, hoje um tear circular moderno pode produzir 360.000 laçadas por minuto. Um único malheiro cuidando de um conjunto de teares circulares pode ser responsável por até 50 milhões de laçadas por minuto.

C.2.3. Tecido nonwoven

Tecidos nonwoven (não-tecidos) são têxteis produzidos a partir de mantas fibrosas estendidas (em paralelo, cruzadas ou

aleatoriamente) e ligadas pela aplicação de adesivos ou pela utilização de fibras termoplásticas unidas sob calor e pressão.

As mantas fibrosas são obtidas pela filtração de fibras suspensas no ar ou por atração eletrostática. Nesta manta são aplicados adesivos como os polímeros em emulsão, geralmente na forma de "sprays", como por exemplo os polímeros de estireno-butadieno, que apresentam características de maciez, flexibilidade e elasticidade ideais para os não tecidos utilizados em produtos descartáveis. São usados também copolímeros de butadieno-acrilonitrila e policloropreno ou látex natural.

Outra forma de obtenção do tecido não-tecido é a adição direta das fibras à emulsão de polímeros formando uma suspensão que é depositada na forma de um filme e seco. Os tecidos não-tecidos têm grande aplicação na produção de fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, produtos hospitalares e outros descartáveis.

D. BENEFICIAMENTO

O beneficiamento engloba todas as etapas de transformação do tecido quanto à aparência, capacidade de absorção de água, aumento de resistência, etc.

D.1 Beneficiamento Primário

É a preparação do tecido para a aplicação de outros processos químicos como o tingimento, amaciamento, etc.

D.1.1. Desengomagem

A desengomagem é a primeira etapa de beneficiamento e visa a remoção da goma, tornando o material mais absorvente.

A etapa de desengomagem depende totalmente da escolha da formulação de engomagem. Se forem usados apenas produtos solúveis em água como a carboximetilcelulose, o carboximetilamido ou o poliácridato, a desengomagem se resume a uma simples lavagem do tecido com tensoativos. Este processo é conhecido por ensaboamento. Já a goma com base de amido deve ser atacada por enzimas (amilase) que destruam o amido, ou por oxidação com peróxidos, para torna-lo solúvel.

Na desengomagem enzimática o tecido deve ficar imerso em banhos por pelo menos um dia. Este banho de desengomagem é um transtorno na logística de produção dentro da indústria, representando um maior custo. A desengomagem enzimática é muito eficiente mas, apresenta um alto grau de poluição pois o amido apresenta uma alta demanda biológica de oxigênio (DBO) que reduz o nível de oxigenação dos rios onde é lançado. A desengomagem oxidativa tem a vantagem de poder ser realizada conjugada ao alvejamento, economizando tempo e insumos.

D.1.2. Limpeza (purga, cozimento)

Segue-se então a purga, um processo de lavagem do tecido ou malha com a finalidade de retirar da superfície das fibras ceras naturais, óleos lubrificantes ou agentes de pós enceragem que possam ocasionar não uniformidade na umectação do tecido nas etapas seguintes. Normalmente este processo de limpeza consiste de uma fervura do tecido com tensoativos.

As fibras de algodão não são uniformemente hidrofílicas, e, a menos que o processo ocorra à quente, apresentam uma baixa afinidade por água ou soluções aquosas de ácidos e bases, o que causa dificuldades de obtenção de cores regulares e satisfatórias.

Uma boa higroscopicidade é essencial para tecidos brancos como toalhas e lençóis de cama feitos de algodão, que precisam ser capazes de absorver grande quantidade de água e transpiração.

Nos processos de fiação, utilizam-se agentes oleosos que diminuem a molhabilidade da fibra. No processo de tecelagem estas fibras são compactadas dificultando ainda mais a absorção de soluções aquosas. Considerando que durante os processos de tintura e estampagem as fibras interagem com a solução de corante, o material fibroso deve ser limpo para assegurar a livre penetração dos corantes.

D.1.3. Mercerização

No caso do algodão e do linho, é comum neste ponto submeter o tecido à mercerização, que é o tratamento com uma solução de hidróxido de sódio concentrado (28 a 32 °Bé), a frio (máximo 18 °C), sob tensão. A mercerização confere ao material têxtil celulósico características como:

- brilho acentuado, uma vez que deixa as fibras mais esticadas aumentando a reflexão da luz;
- maior afinidade aos corantes, uma vez que as fibras sofrem um processo de inchamento, facilitando a penetração do corante;
- toque mais macio, isto é, uma superfície mais lisa;
- maior resistência mecânica e à ruptura;
- maior capacidade de absorção de água;
- pré-encolhimento;

Não obstante ao grande número de trabalhos dedicados ao estudo da ação da soda cáustica na celulose, ainda não se sabe se na reação ocorre a formação de um alcoolato de celulose $(C_6H_9O_4.ONa)_n$ ou um composto molecular de soda cáustica com celulose $(C_6H_{10}O_5.NaOH)_n$. Evidentemente, a formação do alcoolato tem lugar a partir de uma interação da base com um segundo OH contido na unidade elementar de uma posição 2. Este grupo que está na posição α da glucose tem uma acidez maior que os outros grupos OH.

O processo de mercerização também necessita de tensoativos para acelerar a penetração na fibra. Neste caso, são usados álcoois etoxilados e sulfatados ou etoxilados e fosforados, por suportarem ambientes de alta alcalinidade como os utilizados no processo. Em particular, estes tensoativos são de alto custo. Dos dois utilizados, os fosforados possuem baixa umectação mas têm custos menores pois seus processos de obtenção são menos custosos, enquanto que os sulfatados apresentam melhor desempenho porém, com maior custo, tornando o produto final mais caro.

A fibra mercerizada requer menos corante para uma mesma intensidade de coloração do que a fibra não mercerizada. Para cores claras, o consumo de corante é 10-15 % menor e para tingimento com cores escuras este consumo é de 25-30 % menor.

D.1.4. Alvejamento Químico

Alvejamento é o processo utilizado para obter brancura no tecido sendo importante toda vez que se deseja um tecido branco ou de cores claras. São utilizados alvejantes químicos como hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio, clorito de sódio e hidrossulfito de sódio. A escolha do alvejante depende do tipo de fibra e do equipamento utilizado. Adicionalmente, devem ser considerados a utilização de produtos auxiliares, temperatura, tempo de contato, máquinas e métodos adequados. A adição de produtos sequestrantes de ferro e magnésio é fundamental para impedir que ocorram oxidações localizadas (catalisadas por estes metais) que ocasionem manchas ou furos no tecido. São normalmente utilizados compostos como acrilatos, EDTA, ácido cítrico ou ácido oxálico e seus derivados que também evitam a redeposição de tensoativos ou corantes.

D.2. Tingimento

O tingimento é o processo de aplicação de corantes aos substratos têxteis objetivando a modificação da sua cor original. É importante dizer que não há corante que tinga todas as fibras existentes e não há uma fibra que possa ser tingida por todos os corantes conhecidos. O tingimento também pode ser efetuado pela aplicação de pigmentos (o pigmento difere do corante por não apresentar afinidade química ou física com as fibras) juntamente com ligantes (polímeros que aderem os pigmentos às fibras).

De modo geral, o tingimento deve atender às seguintes características:

- Afinidade - O corante deve fazer parte integrante da fibra após o tingimento.
- Igualização - A cor aplicada deve ser uniforme em toda a extensão do material têxtil.
- Resistência (Solidez) - Resistir aos agentes desencadeadores do desbotamento, como a lavagem, o suor, água clorada, luz, etc.
- Economia - O tingimento deve ter todas as características anteriores sem ultrapassar as quantidades estritamente necessárias de corante, produtos auxiliares e tempo de realização.

O tingimento compreende três fases: a montagem, a fixação e o tratamento final.

D.2.1. Montagem

A montagem é a fase na qual o corante é transferido da solução para a superfície da fibra podendo ser feita por esgotamento ou impregnação. No processo de esgotamento o tecido fica longo tempo em contato com o banho de tingimento. A solução de corante entra em contato com o tecido que têm sua tensão superficial abaixada por tensoativos e, dependendo da afinidade com a fibra, reage ou se liga a esta de outra forma.

No processo de impregnação o corante entra em contato com a fibra com o auxílio de uma força mecânica. O tecido é prensado por dois rolos após ter entrado em um banho de corante. Após ter sido umectado, ele é enrolado e coberto para complementação da reação (pad-bacth). Nesta etapa uma umectação homogênea do material têxtil é muito importante pois a velocidade de montagem do corante é muito mais alta nos primeiros minutos de tingimento (devido à alta concentração de corante no banho e à baixa ocupação dos sítios reativos do tecido). Se, devido a uma má umectação do tecido, algumas regiões tiverem atraso no contato com a solução, estas poderão adquirir coloração em menor intensidade que o resto do tecido, proporcionando um tingimento não uniforme.

D.2.2. Fixação

A segunda etapa, a fixação, é a reação entre o corante e o tecido; a insolubilização do corante que montou sob forma solubilizada (geralmente para os corantes do tipo "ao enxofre", "a cuba" ou azóicos) ou a alteração da fibra de um estado dilatado para um estado mais fechado por efeito de temperatura (o que provoca a fixação por impedimento físico).

D.2.3. Tratamento Final

A última etapa é o ensaboamento que consiste de uma lavagem para a retirada do excesso de corantes. É um banho a quente com detergentes, que elimina todo o corante não fixado seguido pelo enxague que, geralmente é feito com banhos correntes. Este processo evita que o corante, que não se ligou à fibra, venha a se soltar no momento em que o tecido fique umedecido novamente, com suor, durante o uso da roupa ou na lavagem, manchando outras roupas no mesmo banho.

D.2.4. Corantes e Pigmentos

Do ponto de vista de tinturaria, os corantes podem ser classificados como:

- Corantes diretos ou substantivos;
- Corantes ácidos;
- Corantes azóicos;
- Corantes a cuba, ou à tina;
- Corantes ao enxofre;
- Corantes reativos;
- Corantes dispersos;
- Corantes brancos ou branqueadores ópticos;
- Corantes ao cromo;
- Corantes complexo metálico 1:1 e 1:2 para lã;
- Pigmentos.

Corantes Diretos ou Substantivos constituem uma classe de corantes que são solúveis em água e se ligam às fibras por interações de Van der Waals. Tingem diretamente a celulose num banho aquoso acrescido de um eletrólito que aumenta a força iônica do meio e, portanto, a afinidade que o corante apresenta pela fibra. O corante mais representativo deste grupo é o vermelho congo. Todos os corantes diretos são solúveis em água mas, alguns deles são mais solúveis em um meio levemente alcalino. após a montagem, esses corantes precisam ser fixados através de tratamentos especiais.

Quando todo o material fibroso é imerso numa solução de um corante direto as partículas de corante se adsorvem na superfície externa do material, difundindo pelos canais capilares formados pelo espaçamento das fibras. O processo de adsorção continua até o momento em que um equilíbrio entre o corante em solução e aquele na fibra se estabelece. Este momento de equilíbrio caracteriza a completa penetração do corante dentro do material fibroso.

Corantes ácidos são corantes solúveis em água, que tingem diretamente as fibras protéicas e poliamídicas pois interagem com o par de elétrons do nitrogênio. O tingimento com esta classe de corantes é feito em banho aquoso, contendo o corante, um ácido e um sal. Alguns podem tingir sem adição de ácidos.

Corantes básicos são solúveis em solução aquosa acidulada, tingindo a lã, acrílico e a seda natural. Também tingem o algodão, a juta, o cânhamo, o rami, o sisal, o linho e a viscose, desde que os mesmos tenham sido previamente mordentados com tanino. Tais corantes são mais utilizados sob forma quimicamente modificada, a fim de que possam tingir a fibra acrílica.

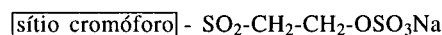
Corantes azóicos são obtidos sinteticamente sobre as fibras no momento do tingimento, a partir da aplicação, no material têxtil, de dois compostos:

- o Naftol, composto aromático insolúvel em água, mas que pela solubilização com o hidróxido de sódio, torna-se um naftolato de sódio, que reage com a celulose.
- uma Base insolúvel em água, que é solubilizada por meio de nitrito de sódio e ácido clorídrico, tornando-se assim uma base diazotada. Após a obtenção da base diazotada, faz-se sua montagem sobre o material têxtil naftolado. A ligação do naftol com a base produz o corante através de um processo que se denomina copulação. Estes corantes podem ser obtidos sobre as fibras vegetais, a seda natural, a viscose e a poliamida.

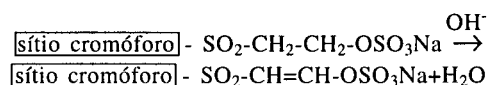
Corantes à Cuba são insolúveis em água, mas que através da redução com hidrossulfito de sódio em meio alcalino, se transformam em leuco derivados solúveis e tingem os materiais têxteis celulósicos. Após a montagem, são desenvolvidos por oxidação com água, ar, peróxido de hidrogênio e outros. Entre esses corantes encontramos exemplos dos maiores índices de solidez em geral. Também são chamados de *corantes a tina e de redução*.

Corantes ao enxofre são insolúveis em água, sendo aplicados após terem sido reduzidos com hidrossulfito de sódio. Após a montagem, são oxidados, convertendo-se em corantes insolúveis originais. São ideais para fibras celulósicas na obtenção de cores intensas e escuras (castanho, azul marinho, preto). Cabe salientar que este corante tem sido cada vez menos utilizado por apresentar resíduos altamente poluentes, sendo substituído pelos sulfurosos ecológicos cujo redutor é a glicose.

Corantes reativos são solúveis em água e reagem com algumas fibras têxteis, formando uma ligação do tipo covalente. É a mais importante classe de corantes utilizados hoje em dia, podendo ser usados em fibras celulósicas, em seda ou lã. A reação destes corantes com as fibras é obtida em meio alcalino. Eles são detentores de melhores propriedades de solidez do que os Corantes Diretos e favorecem a obtenção de todos os tons, inclusive os mais brilhantes. Um exemplo típico de corante reativo é a linha Remazol da Hoechst que contém em sua estrutura um grupo sulfato-etilsulfônico.

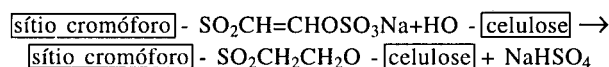


Este grupo, na presença de um álcali, se transforma em um grupo vinilsulfônico.



onde o grupo sulfato aumenta a solubilidade do corante em água e o grupo vinilsulfônico é responsável pelo aumento de afinidade do corante.

Na presença de excesso de álcali e temperatura elevada (por volta de 95°C) o grupamento vinilsulfônico reage com os grupos hidroxila livres da celulose, formando uma ligação éter



que proporciona a alta estabilidade de cor do tecido tingido ou estampado com corantes reativos.

Corantes dispersos são corantes insolúveis em água, que foram introduzidos no tingimento do acetato de celulose e que, atualmente, são utilizados em todas as fibras hidrofóbicas. Para sua aplicação são necessários agentes dispersantes que normalmente estão contidos na formulação do corante. Têm grande emprego no tingimento do poliéster, através de máquinas pressurizadas e que operam com elevadas temperaturas (130°C) embora possa ser utilizado em processos de fervura com a ajuda de um carrier.

Corantes brancos - também chamados de branqueadores ópticos. São substâncias, que quando aplicadas em tecidos brancos, proporcionam alta reflexão de luz, inclusive de comprimentos de onda não visíveis que são transformados em visíveis por excitação e retorno de elétrons aos níveis normais. Ou seja, o branqueador óptico pode refletir mais luz visível do que a incidente sobre sua superfície.

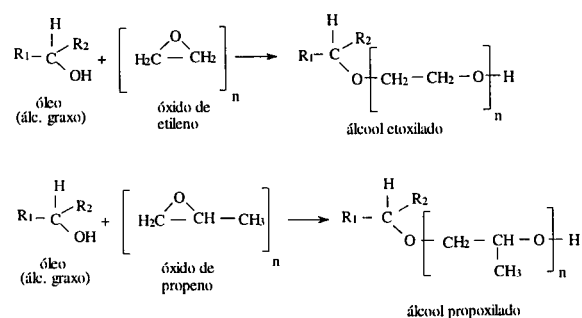
Os corantes são comercializados sob a forma de pós, pastas e líquidos. Em particular aqueles na forma líquida geralmente são compostos insolúveis que já vem acompanhados com os tensoativos específicos necessários para sua dispersão no banho de tingimento. O tingimento necessita da adição de tensoativos a fim de homogeneizar e apressar a umectação do tecido. Algumas vezes procede-se o tingimento em banho simultâneo com a limpeza e purga. Nestes casos necessita-se da adição de tensoativos que apresentem como características:

- Manter estáveis em solução os resíduos de goma do tecido;
- Promover umectação rápida e homogênea do tecido;
- Não interferir no processo de tingimento;
- Suportar o pH básico (normal na maioria dos tingimentos);
- Suportar alta concentração de eletrólitos (usada para aumentar a força iônica do meio e proporcionar maior migração do corante da solução para o tecido);
- Proporcionar baixo nível de espuma, devido à alta agitação normalmente utilizada neste tipo de tingimento.

Para que sejam alcançados todos estes requisitos são usadas formulações de tensoativos e antiespumantes. Mais modernamente os álcoois graxos etoxilados e propoxilados vem sendo usados como produto único com estas duas funções.

As duas reações ocorrem simultaneamente obtendo-se um copolímero estatístico óxido de propeno/óxido de eteno.

No processo de tingimento são utilizados vários aditivos como aqueles mostrados na tabela 4.



D.3. Estamparia

A produção de motivos coloridos e desenhos em tecidos tem uma longa história. Padrões já eram pintados em roupas, usando pigmentos e misturas adesivas, na área do Cáucaso, provavelmente por volta do ano de 2000 A.C.. Até recentemente, esta técnica sofria com as limitações de pouca resistência à úmido e considerável rigidez, mas com a descoberta dos métodos de tingimento localizado passou a ser largamente adotada como alternativa para o uso de pigmentos colorantes.

Corantes naturais e pigmentos com substâncias mordentes eram empregados em estamparia e aplicados com superfícies entalhadas em madeira, na China e na Índia no início da era cristã.

A estamparia direta, isto é, a aplicação direta e fixação dos corantes/pigmentos no tecido, só foi desenvolvida muito mais tarde. Este processo, base da técnica de "silk-screen", só foi possível com o desenvolvimento de polímeros que, formulados à tinta de estamparia, criassem condições de estampagem e fixação ideais. A estamparia direta com pigmentos foi a primeira desenvolvida por apresentar menor número de variáveis de processo e de aplicação tanto em tecidos puros como em

Tabela 4. Aditivos utilizados no processo de tingimento.

PRODUTO	FUNÇÃO	BASE QUÍMICA MAIS USADA
UMECTANTE	Homogeniza e acelera a hidrofiliade do tecido evitando diferentes tempos de contato de regiões de fibras com a solução de corante, o que provocaria manchas.	Nonilfenol etoxilado; Ácidos graxos etoxilados.
ANTIESPUMANTE	Evita transbordamento do banho de corante pela formação de espuma em máquinas de alta agitação.	Emulsões de silicone; Hidrocarbonetos alifáticos.
UMECTANTE DE BAIXA ESPUMA	Evita a formação de espuma sem a necessidade de antiespumantes.	Álcool graxo etoxilado e propoxilado.
SEQUESTRANTE	Evita que altos teores de metais na água precipitem os corantes ou manchem os tecidos.	Acrilatos; Ácido cítrico.
AJUSTADORES DE pH	Leva a solução ao pH necessário para que ocorra a reação fibra/corante.	Carbonatos (barrilha).
ELETRÓLITO	Colabora no processo de montagem do corante aumentando a força iônica do meio. Diminui a quantidade de corante perdido na solução após o tingimento.	Cloreto de sódio; Sulfato de sódio.
RETARDAMENTO DE MONTAGEM OU IGUALIZANTE	Evita o tingimento muito rápido das partes mais expostas do tecido, fornecendo oportunidade de, com agitação, todas as regiões do tecido serem coloridas uniformemente.	Éteres poliglicólicos; Naftaleno sulfonato de sódio.
DISPERSANTE	Usados para dispersar corantes não solúveis em água.	Tensoativos em geral.

misturas. A estamparia direta com corantes, devido às condições necessárias de reação, tem um maior número de variáveis de processo, incluindo o tipo de fibra a ser utilizada.

A estamparia têxtil vem sendo praticada na Europa desde o século XII, quando eram usados carimbos de madeira. A aplicação de cores localizadas em têxteis teve um grande progresso a partir de 1752 quando da invenção do processo de gravação com placas de cobre, usada primeiramente em papel. Este processo já proporcionava desenhos de grande precisão e, por volta de 1800, para que ganhasse velocidade, Thomas Bell inventou o sistema de rolos de cobre giratórios, funcionando como carimbos rotativos.

Nos anos 30, o sistema de estamparia com tela, também conhecido como "screen printing" passou a ser adotado industrialmente devido ao seu baixo custo, possibilitando a produção de menores quantidades de tecido e maior variação de desenhos. Com o desenvolvimento no pós-guerra das máquinas automáticas de "screen printing" semi-contínuas, as vantagens do baixo custo e da alta qualidade de estampagem foram acompanhadas do aumento da taxa de produção de estampados.

Em 1963 foi lançada na feira de Hanover, Alemanha, a máquina de estamparia rotativa de cilindros perfurados, atualmente a tecnologia mais difundida devido à sua alta qualidade e a uma altíssima velocidade de estampagem.

D.3.1. Estamparia com tela ("screen printing")

A estamparia com tela, também chamada de estamparia com quadros, consiste na aplicação de um padrão ou desenho em um tecido por passagem de tinta através de orifícios de uma tela. Esta superfície perfurada pode ser uma placa de metal ou de tecido, onde os orifícios são os espaços deixados pelo cruzamento da trama e do urdume do tecido.

Os japoneses são tidos como os inventores da estamparia com tela, usando para isso os fios de seda tecidos, daí a denominação de "silk-screen". Esta tela é estendida em um bastidor de madeira e algumas áreas onde a tinta não deve ser aplicada são vedadas por pedaços de papel ou pela pintura da tela com substâncias que fechem seus orifícios. A tinta de estampar deve ser viscosa e é espalhada sobre a tela com um rodo. A pressão do rodo faz com que a tinta passe pela tela através dos orifícios desimpedidos, colorindo localizadamente o tecido nas regiões desejadas.

Este processo descrito, utilizado ainda hoje para estampar principalmente camisetas, tem uma dependência muito grande da forma como o operador a realiza, sendo este fato inerente ao grande número de variáveis do processo que devem ser controladas quando da estampagem (velocidade de passagem do rodo, inclinação do rodo, etc.). A sua industrialização dependia do aumento de produtividade e reprodutibilidade do processo.

A gaze de seda, produzida para peneiração de farinha, foi o primeiro tecido usado para confecção de telas devido à sua resistência e elasticidade. Hoje são usadas telas de "nylon" e poliéster devido ao menor custo, boa resistência e possibilidade de variação da espessura do fio na tela. As telas são produzidas com fios de monofilamento a fim de proporcionar menor retenção de tinta e facilitar sua lavagem.

A "abertura da malha", ou seja, o diâmetro dos orifícios a ser selecionado numa tela depende do tipo de desenho a ser estampado e do tipo de tecido. Para um desenho de linhas grossas ou de grandes áreas em tecidos texturizados ou ásperos, costuma-se utilizar a tela com 86 fios por polegada, com 46% de área ocupada pelos orifícios, ou seja, a área onde a tinta irá fluir. Para desenhos com linhas finas em tecidos mais lisos, menor quantidade de tinta é necessária e melhor definição é conseguida com telas de 150 fios por polegada, com 35% de área livre. Os tecidos de fibras sintéticas absorvem muito menos água e necessitam menos tinta do que as fibras hidrofílicas.

Tecidos sintéticos podem ser estampados com telas com 300 fios por polegada. Nestas telas de maior número de fios, o diâmetro dos fios diminui, a fim de não reduzir em demasia a área livre de passagem de tinta pela tela.

Devido ao alto preço e à fragilidade de telas com fios muito finos, estas são usadas apenas para desenhos muito detalhados, onde o uso de telas com menor número de fios prejudicaria a definição do desenho. A quantidade de tinta aplicada a um tecido também é controlada pela pressão aplicada na passagem do rodo e pela viscosidade da tinta. A tela é montada tensionando-se a gaze, com o número de fios adequado, em um bastidor de madeira. Este tensionamento serve para evitar que a tela se ondule durante a passagem do rodo que espalha a tinta.

Como cada tela só pode ser usada para estampar a área do tecido de determinada cor, deve-se utilizar tantas telas quantas forem as cores definidas no desenho. Para tal, produz-se diapositivos onde uma cor é substituída por preto e as outras cores pelo incolor. A região preta, impedirá a passagem de luz na área referente à cor desejada. A tela já tensionada e limpa é aplicada uma camada de verniz fotossensível, em sala escura. Este verniz tem a propriedade de se polimerizar quando catalisado pela luz. Após a secagem do verniz, o diapositivo referente à cor é colocado sobre a tela e o conjunto é exposto a uma luz de alta intensidade. Durante esta exposição o verniz que recebe luz se transforma em um polímero insolúvel em água enquanto que o que está protegido se mantém na forma original. A lavagem da tela com água, carrega o verniz apenas das áreas que estavam protegidas pelas áreas escuras do diapositivo, deixando a área livre para a passagem da tinta. O verniz fotossensível mais comum é uma emulsão de álcool polivinílico de baixo peso molecular com dicromato de sódio.

Por volta de 1950 o processo de estamparia a quadros começou a ser automatizado. A máquina automática de estampar tinha as telas fixas em suas posições e o tecido corria por um tapete de borracha entre cada uma das cores aplicadas. Este processo aumentava a velocidade de estamparia pois a cada avanço do tecido, todas as cores já tinham seus registros acertados. Em algumas máquinas havia mecanismos de controle de inclinação do rodo e de pressão aplicada pelo operador.

D.3.2. Estamparia Rotativa ("Roller Printing")

A estamparia rotativa surgiu nos anos 60 e é ainda hoje o processo mais usado para estampar tecidos em grande quantidade, com rapidez e qualidade. O processo de estamparia utilizado pelas máquinas rotativas é basicamente o mesmo daquele usado pelas máquinas de telas planas, com a diferença que a tela é substituída por um cilindro formado por uma folha de cobre microperfurada. Este cilindro é gravado como uma tela normal e, na mesa de estamparia, é fixado sobre o tecido em movimento, proporcionando sua rotação (Fig. 2).

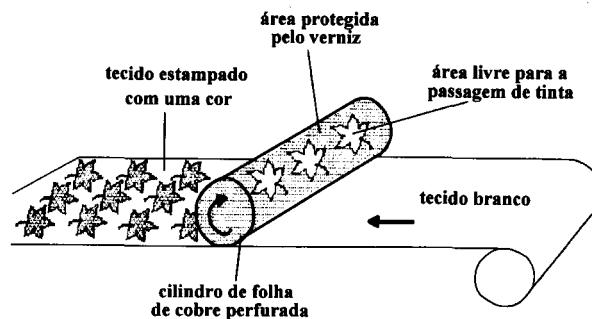


Figura 2. Esquema de uma máquina de estamparia rotativa.

Como o cilindro tem seu desenho repetido a cada giro, além do registro inicial, não se fazem mais necessários os ajustes do desenho. O sistema do cilindro é completado por um tubo perfurado, localizado em seu eixo, por onde a tinta de estampa é bombeada e por um sistema de espalhamento de tinta que substitui o rodo na estampa à quadros. A tinta é forçada a passar pelos orifícios do cilindro ou por um sistema de rodos de borracha ou metálicos de pressão fixa ou por um sistema de cilindros metálicos atraídos eletromagneticamente (sistema Peter Zimmer).

O sistema de pressão controlada magneticamente tem a vantagem de melhor se adaptar a diversas mudanças no tipo de tecido, diâmetro dos orifícios do cilindro de cobre, viscosidade da tinta, etc.

A confecção de cada cilindro deve seguir o mesmo cuidado dispensado às telas planas, como a separação de cores, a gravação pelo sistema de verniz fotossensível, etc. Para que uma estampadora rotativa possa produzir tecidos de várias cores, tantos cilindros em série serão necessários para tantas cores quanto desejadas na estampa.

O processo de estampa rotativa, por trabalhar com altas velocidades de produção (pequenos erros podem proporcionar perda de centenas de metros de tecido) e um grande número de variáveis de processo (velocidade de estampa, pressão do rodo/raspador/cilindro de metal, ângulo do rodo, diâmetro do cilindro de metal, diâmetro dos orifícios do cilindro de cobre, viscosidade da tinta, reologia da tinta, tipo de tecido, tipo de formulação de tinta, etc.) é considerado como uma arte que deve ser executado por profissionais experientes.

O ângulo do rodo determina o comprimento da zona de pressão de tinta sobre a tela e, por conseguinte, a pressão aplicada. Esta aumenta quando o ângulo entre o rodo fixo e a tela diminui.

O aumento da velocidade de estampa tem três principais efeitos: reduz o tempo de contato entre a tela e o tecido; aumenta a taxa de cisalhamento da tinta pela tela e provoca o incremento da pressão hidrodinâmica.

A redução do tempo de contato entre a tela e o tecido tende a provocar a diminuição da quantidade de tinta aplicada por unidade de área. Por outro lado, o aumento de velocidade de estampa provoca o efeito contrário, com o aumento de pressão hidrodinâmica, aumenta-se o volume de tinta que passa pela tela por unidade de tempo. Portanto, caso a tinta de estampa mantenha sua viscosidade constante à várias velocidades de estampa, quanto maior a velocidade de estampa, menor quantidade de tinta passaria pelos orifícios do cilindro por metro de tecido estampado. Portanto as características reológicas das tintas de estampa são fundamentais para o bom funcionamento da estampa. As tintas de estampa apresentam sempre um comportamento pseudoplástico, onde sua viscosidade diminui com o aumento da taxa de cisalhamento. Ajustes de quantidade de tinta aplicada, ainda assim, são necessários pela variação magnética da pressão das barras magnéticas rotativas.

A penetração da tinta no tecido é fundamental para que a coloração não aconteça apenas nas fibras superficiais do tecido. A tinta deve penetrar no tecido e colorir a fundo, principalmente no caso de se utilizar tintas à base de pigmentos, onde a fixação destes ocorre de forma física. Quanto maior o contato da tinta com o tecido, maior a resistência da estampa. A penetração da tinta depende basicamente de três fatores: a compressão do tecido no momento em que é estampado, sua hidrofiliabilidade e a viscosidade da tinta no momento em que esta passa pela tela e encontra o tecido.

A compressão do tecido faz com que sejam diminuídos os interstícios por onde poderia penetrar a tinta, reduzindo a sua penetração. A hidrofiliabilidade é importante pois, como a maioria das tintas de estampa têm formulações com base água, a umectação do tecido seria comprometida, deixando a tinta apenas na superfície do tecido, não molhando as fibras. A viscosidade da tinta é um dos fatores mais importantes para o sucesso da estampa.

As tintas de estampa são, normalmente, tão viscosas que são também chamadas de "pastas de estampa". Quando dentro do cilindro, mas ainda na região de cunha, onde a pasta circula, sua viscosidade deve ser alta para evitar sua passagem pelos orifícios da tela manchando o tecido logo abaixo. Quando perto do rodo raspador ou da barra rotativa, o aumento do cisalhamento diminui a viscosidade facilitando a sua passagem pelos orifícios. Logo após a passagem para o tecido, sua viscosidade deve se manter baixa por tempo apenas suficiente para promover a sua penetração no tecido, evitando assim a migração de cor por capilaridade. Por fim, a pasta que restou dentro dos orifícios do cilindro após a passagem pelo rodo ou barra rotativa deve ter sua viscosidade aumentada para que se evite o escorrimento desta porção pela parte externa do cilindro, provocando então o manchamento do tecido. O fenômeno de migração pode ser resolvido pelo uso de formulações de pastas pseudoplásticas com pequeno tempo de recuperação da viscosidade. Assim, a penetração, que acontece rapidamente não é prejudicada, mas a migração de cor, fenômeno mais demorado, ocorre em extensão desprezível, devido ao rápido aumento da viscosidade da tinta. É a alta viscosidade da tinta que mantém a resolução dos desenhos estampados entre a estampa e sua secagem.

A pseudoplasticidade das pastas também tem a função de evitar que a tinta saia de dentro dos cilindros perfurados em momentos de parada da máquina, para ajuste ou à troca de peça de tecido, evitando assim a perda do tecido que fica sob os cilindros neste momento. Outro ponto importante da alta viscosidade da tinta logo após estampa é que a passagem por outro cilindro, estampa outra cor, logo após o primeiro, não retira a tinta já colocada sobre o tecido. Ou seja, não é necessário aguardar a secagem de uma cor para que seja estampa a próxima, fazendo com que a distância entre dois cilindros consecutivos estampa cores diferentes possa ser de apenas alguns centímetros.

Para o processo de estampa vários aditivos químicos se tornam necessários, além do próprio verniz fotossensível utilizado para a confecção da tela (Tabela 5).

D.4. Acabamento Final

A finalidade do acabamento final dos materiais têxteis é conferir-lhes um aspecto que atenda aos desejos do consumidor, além de garantir melhor resistência ao uso. Ele consiste na aplicação de resinas insolúveis ou não para:

- Aumentar o brilho - dar o chamado tipo "cetim", ou em outras palavras, tornar a superfície mais lisa (geralmente ácidos graxos ou cêras);
- Aumentar a resistência ao desgaste e ao esgarçamento - aplicação de uma resina polimérica como os acrilatos que não são solúveis e que prendem as fibras unidas;
- Evitar ataque microbiológico - aplicação de um antibactericida do tipo do formol;
- Conferir estabilidade dimensional - para fibras sintéticas e lã, é comum proceder-se à fixação prévia, que é o tratamento sob pressão a temperaturas altas para proporcionar maior estabilidade dimensional, isto é, para evitar esgarçamento. De maneira geral esta fixação pode ser feita por ar quente, água quente ou como é mais usual, com vapor saturado. Esta fixação deverá proporcionar uma maior retenção da forma do tecido, uma melhor resistência ao enrugamento e ao amarrotamento, uma menor absorção de umidade e um toque mais apropriado uma vez que na realidade está se "passando" as fibras;
- Impermeabilização;
- Diminuir o amassamento;
- Aplicação de Amaciantes - geralmente sais quaternários de amônio, silicões ou polietilenos que carregam as fibras fazendo com que estas se comecem a se repelir, misturados com ácidos graxos sólidos que conferem o chamado "toque liso".

Tabela 5. Aditivos químicos utilizados no processo de estampagem.

PRODUTO	FUNÇÃO	BASE QUÍMICA MAIS USADA
ESPESSANTE	Dá viscosidade à tinta impedindo a migração para outras regiões. Dá características reológicas à tinta.	Alginato; Carboximetilcelulose; Polímeros acrílicos; Hidroxietilcelulose.
CORANTE OU PIGMENTO	Conferem cor ao tecido estampado.	Várias.
DISPERSANTE	Dispersam os pigmentos ou corantes insolúveis na tinta.	Nonilfenol etoxilado.
EMULSIONANTE	Auxiliam a obtenção de altas viscosidades desde que se tenha solventes orgânicos na formulação.	Nonilfenol etoxilado.
LIGANTE	Proporciona a adesividade dos pigmentos (que não tem afinidade à fibra) por polimerização.	Polímeros estireno-butadieno.
AGENTE HIGROSCÓPICO	Proporciona que a tinta tenha um mínimo de umidade durante a termofixação para que o corante tenha um "carrier" da tinta para a fibra.	Uréia.
AJUSTADOR DE pH	Proporciona o pH ideal de reação do corante com a fibra ou para polimerização do ligante quando da estamparia com pigmentos.	Carbonato de sódio; Hidróxido de amônio; Trietanolamina.
ANTIESPUMANTE	Evita a formação de espuma e bolhas na preparação da tinta e na estampagem.	Emulsões de silicões; Hidrocarbonetos alifáticos.
AMACIANTES	São usados para melhorar o toque final de estampas feitas com pigmentos.	Emulsões de silicões.

- Antiestáticos - geralmente para tecidos sintéticos.
- Encorpantes - para dar a aparência de um tecido mais grosso. São os conhecidos engomantes de lavanderia do tipo amido ou álcool polivinílico.
- Aplicação de anti-mofo - evita o apodrecimento de tecido estocado por longo tempo.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à Oxiteno Indústria e Comércio S.A., ao Prof. José Atilio Vanin pela revisão do texto e ao Sr. Vladimir Constantino Valério, Instrutor técnico do SENAI-SP pela revisão técnica.

REFERÊNCIAS

1. de Andrade F^o, J. F.; dos Santos, L. F.; "Introdução à Tecnologia Têxtil", vol. III, CETIQT/SENAI, Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil, 1987.
2. de Araújo, M.; de Melo e Castro, E. M.; "Manual de Engenharia Têxtil", vol. 1, Fund. Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1986.
3. Brossard, I.; "Technologie des Textiles", Dunod, 6a. Ed., Paris, 1977.
4. Sadov, F.; Korchagin, M.; Matetsky, A.; "Chemical Technology of Fibrous Materials", Mir Publishers, Moscou, 1973.

Publicação financiada pela FAPESP