



EXTRUSÃO - Outros Processos

LINHAS DE EXTRUSÃO

Esta seção apresenta as matrizes e equipamentos pós-extrusão das linhas de extrusão para cada geometria de extrudado.

EXTRUSÃO DE PERFIS (NÃO-CIRCULARES)

Os perfis podem ser abertos (como uma calha) ou fechados (como um perfil para forro ou divisória). Podem também ser maciços (como uma barra) ou vazados.

A extrusão de perfis (figura 44) é semelhante à de tubos, pois os tubos não deixam de ser perfis. Utiliza-se um tipo semelhante de calibrador, tanque de resfriamento ou túnel de ar, puxadores, serra automática e calha recolhadora.

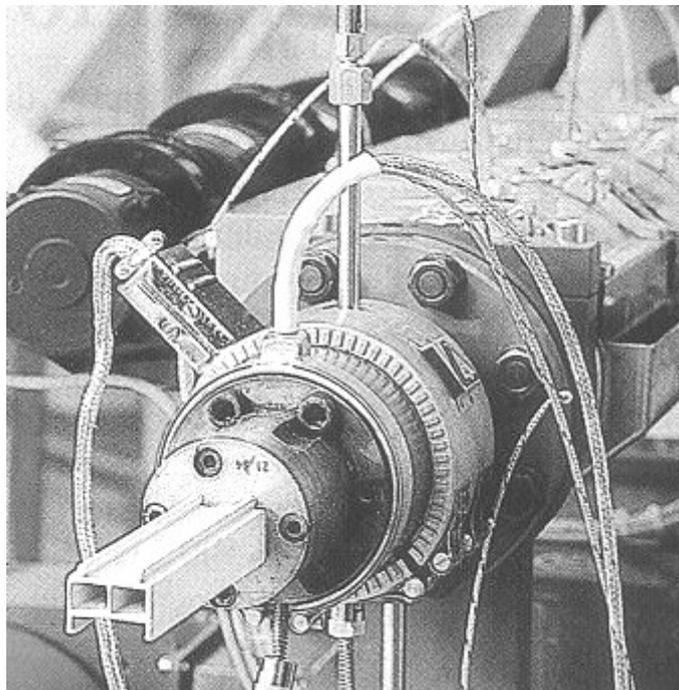


Figura 44 - Perfil de câmara fechada sendo extrudado. Os equipamentos pós-extrusão foram retirados para proporcionar a imagem.

PERFIS TUBULARES

Aqui se enquadram os produtos cilíndricos ocos, como tubos e mangueiras. Embora, no dia-a-dia estejamos acostumados a diferenciar tubos de mangueiras pela flexibilidade, tecnicamente a diferenciação

também deve ser feita pelo tamanho. Perfis tubulares de diâmetros pequenos, inferiores a 10 mm são chamados de "mangueiras", enquanto a denominação "tubo" é conferida aos de diâmetros maiores.

Os equipamentos pós-extrusão (ou equipamentos complementares) necessários para este tipo de produto são:

- **calibrador:** posicionado logo após a matriz, serve para resfriar o extrudado e dar-lhe forma e dimensões finais; podem ser montados mais de um calibrador em linha; os tipos de calibradores e suas aplicações serão apresentados mais adiante;
- **equipamento de resfriamento:** um tanque com água circulante ou um túnel de ar complementa o resfriamento do extrudado após o calibrador, caso seja preciso;
- **puxador ou equipamento de arraste:** mantém o extrudado tensionado para que ele não desande após sua saída pela matriz, já que ainda não está solidificado; um sistema de duas lagartas de borracha é o mais utilizado para puxar o extrudado; deve ser observada uma perfeita relação entre as velocidades de extrusão e de puxamento para que não haja rompimento nem diminuição da espessura requerida do produto ou para que o extrudado não se dobre na entrada do calibrador;
- **serra:** corta o perfil extrudado no comprimento desejado; é acionada automaticamente por um temporizador programável (quanto maior o tempo maior o comprimento do tubo);
- **mesa recolhedora:** é uma calha com fundo basculante; após o corte o perfil cai pela basculante até uma outra calha, maior, que empilha os produtos até o recolhimento manual para embalagem, montagem ou inspeção de qualidade;
- **bobinadeira:** utilizada ao invés da calha para bobinar perfis flexíveis;

EXTRUSÃO DE MANGUEIRAS

As mangueiras são extrudadas através de uma matriz, como a mostrada na figura 45. Nesta configuração, o material se desvia 90°, contornando um "mandril", pelo qual é soprado ar. O material então contorna este mandril, formando uma linha de solda do outro lado. O material então flui pelo espaço em formato anular (de anel). Estas linhas de solda são inevitáveis no produto extrudado, mas, de forma geral, não são tão prejudiciais quanto em peças injetadas.

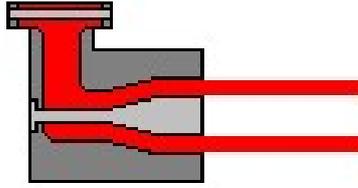


Figura 45 - Matriz a 90° para a extrusão de mangueiras e tubos de pequeno diâmetro.

REVESTIMENTO DE ARAMES (EXTRUSÃO DE FIOS ENCAPADOS)

A matriz a 90 graus também é utilizada para o revestimento de fios elétricos, tubos, eletrocondutos, cabos submarinos e até mesmo cabos de vassouras. Ao invés de o material contornar o mandril e sair em forma de uma mangueira, ele é depositado sobre um fio metálico, envolvendo-o. O elemento a ser revestido é desbobinado e passa pelo interior da matriz a 90°, como é como mostrado na figura 46.

Dois técnicas de revestimento são geralmente utilizadas. Numa, o plástico é forçado contra o elemento a ser revestido ainda dentro da matriz, evitando a perda de desempenho do produto devido ao encapsulamento de bolhas de ar. Na outra, o plástico é envolve o revestido logo após a saída da matriz. Este método é mais empregado para um segundo recobrimento de um cabo previamente revestido, para revestimento de tubos e para revestimento a baixa pressão.

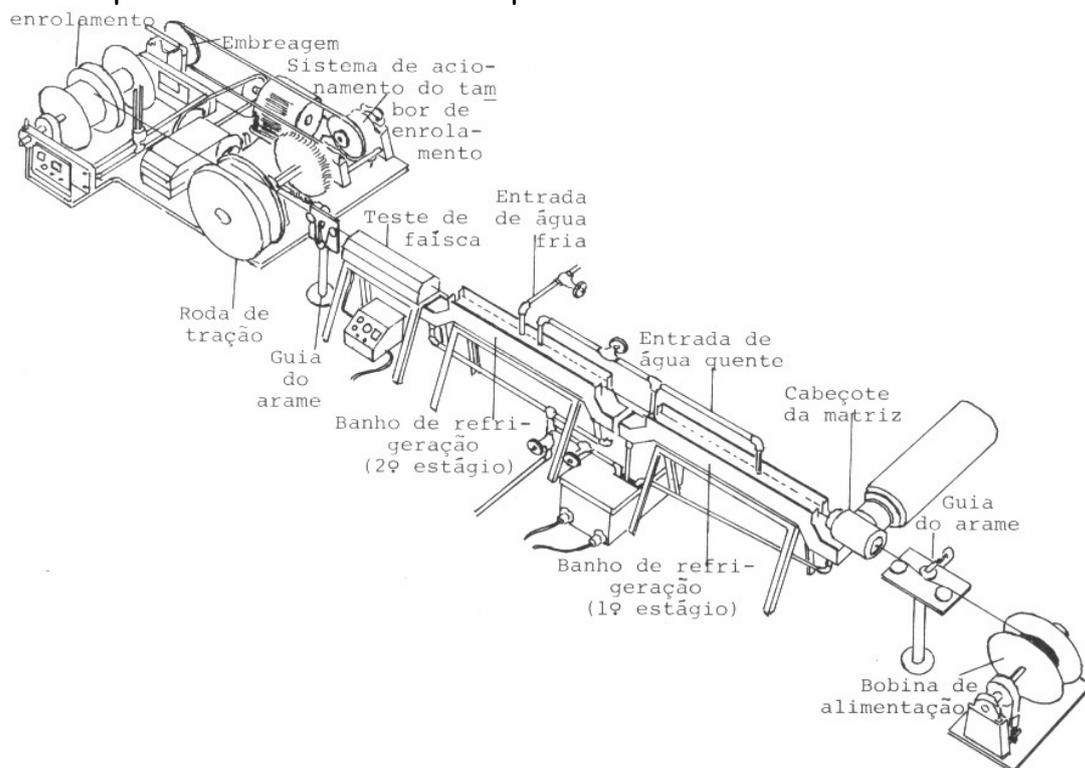


Figura 46 - Equipamentos utilizados para o revestimento de arames.

EXTRUSÃO DE TUBOS LISOS

É semelhante à extrusão de mangueiras, porém com **matrizes em linha** (a linha de centro da matriz é a mesma linha de centro da extrusora). O mandril central é suportado por uma estrutura em formas de **pernas-de-aranha**, usualmente 3 ou mais, como mostrado pela figura 47. Estas pernas-de-aranha são relativamente finas, e extremamente minimizadas para interromper ao mínimo o fluxo de material e interferir o mínimo no perfil de velocidades. Mesmo assim linhas de solda longitudinais serão formadas. Portanto, a formação destas linhas de solda devem ocorrer o mais distante possível da saída da matriz. Outro tipo de matriz utilizada é o visto também na figura 47, que possui um **canal espiral**, evitando a formação de linhas de solda.

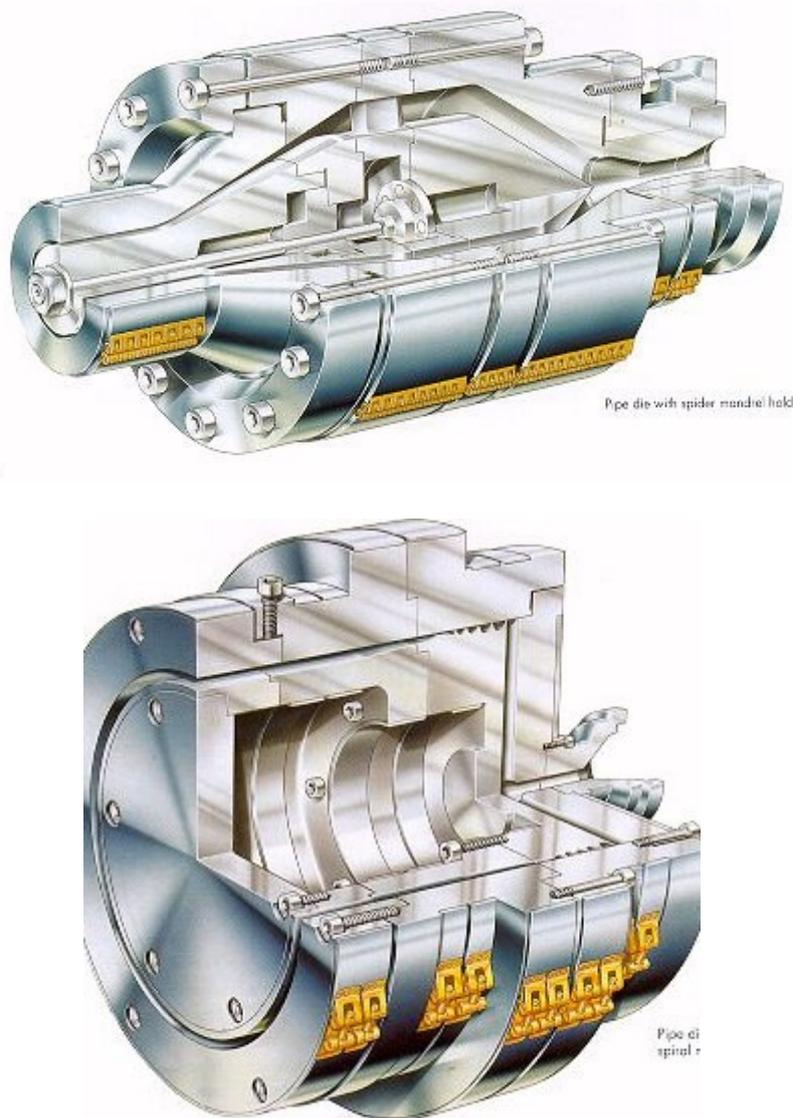


Figura 47 - Matriz com estrutura em forma de pernas-de-aranha acima e abaixo matriz com canal em espiral, para extrusão de tubos

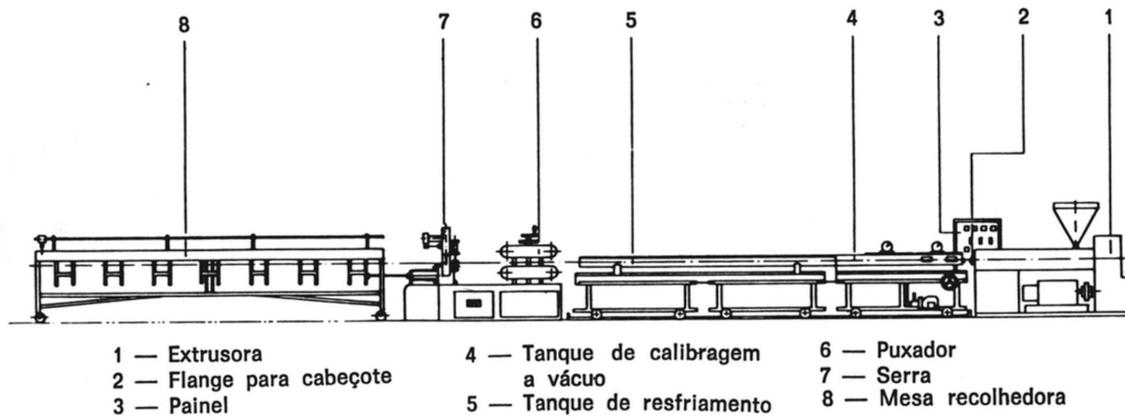


Figura 48 - Equipamentos de pós-extrusão na produção de tubos. Um elemento de fixação chamado flange conecta uma extrusora de rosca simples ou dupla à matriz ou ao seu adaptador. Após a extrusão, o tubo, arrastado pelo equipamento puxador (lagartas), passa por um calibrador para tomar sua dimensão final e em seguida por um tanque de resfriamento, para solidificar totalmente e não ser deformado pelos puxadores. Finalmente, o extrudado é cortado no comprimento desejado e recolhido por uma calha.

EXTRUSÃO DE TUBOS CORRUGADOS

Tubos e mangueiras corrugadas podem ser produzidos com um equipamento especial montado logo após a matriz, como mostra a figura 49. Tubos corrugados costumam ser utilizados em aplicações subterrâneas, pois são mais resistentes a pressão por apresentarem uma área superficial maior do que os tubos lisos. Além disso, este tipo de geometria confere flexibilidade a tubos e mangueiras.

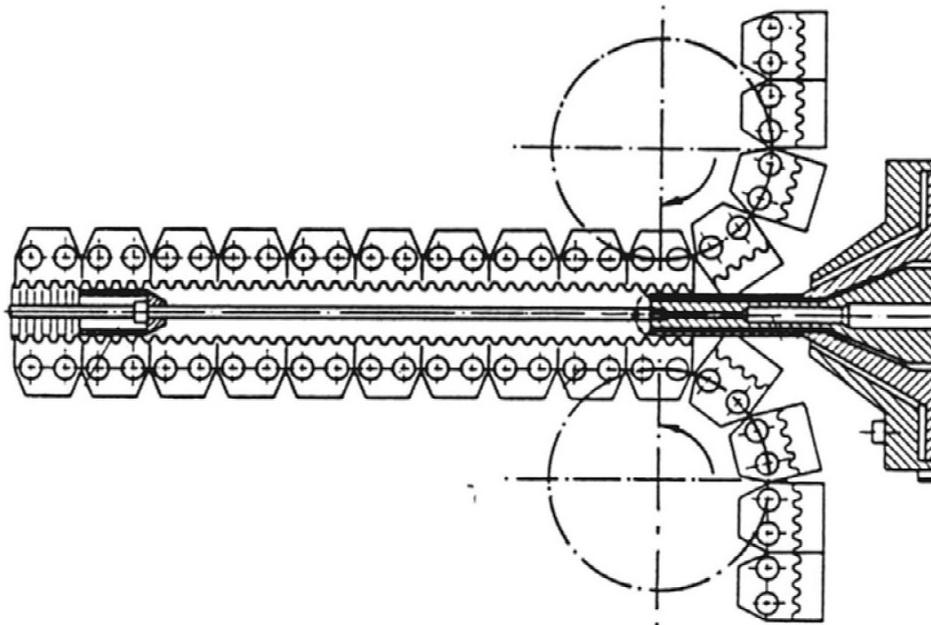


Figura 49 - Equipamento pós-extrusão para corrugamento de tubos

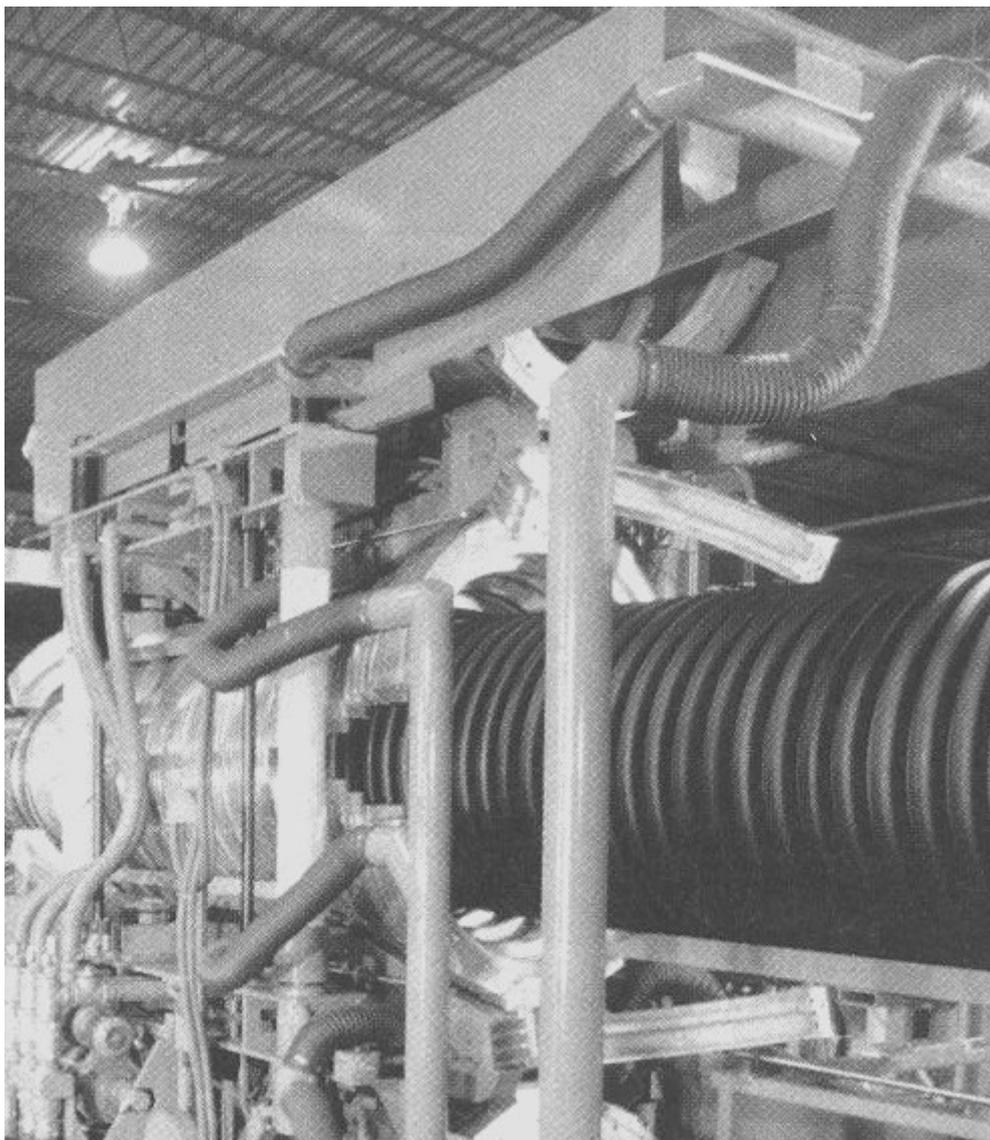


Figura 50 - Ilustração da produção de tubos corrugados.

PROCESSO PLANO DE EXTRUSÃO (filmes simples)

Após ser extrudado através de uma matriz larga, de espessura regulável, o filme é resfriado rapidamente, ou por imersão em um tanque de água ou pelo contato com rolos metálicos com resfriamento interno. Rolos de tração estiram o filme e diminuem sua espessura em até proporções de 10:1. O filme é continuamente puxado pelos roletes de tração, até ser bobinado em cilindros (rolos) específicos para esta função. Antes do bobinamento, as laterais do filme, são aparadas e bobinadas para futuro reprocessamento. Esta operação é feita porque as laterais podem ser mais espessas que o restante do filme, ou para determinar a largura desejada para o filme, já que durante a extrusão pode haver variações na largura do extrudado. Quando uma bobina é completada, corta-se transversalmente o

filme, troca-se a bobina e enrola-se a extremidade do filme na nova bobina, dando continuidade à produção.

Neste processo, diferentemente do processo tubular, que é vertical, a transformação em filme ocorre de modo horizontal, não requerendo, portanto, galpões muito altos para sua instalação.

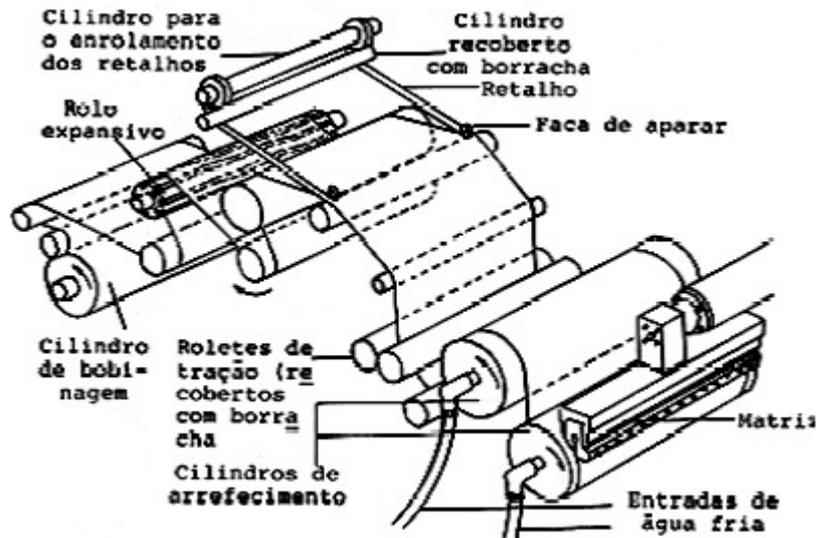


Figura 56 - Extrusão de filmes planos utilizando resfriamento por rolos refrigerados.

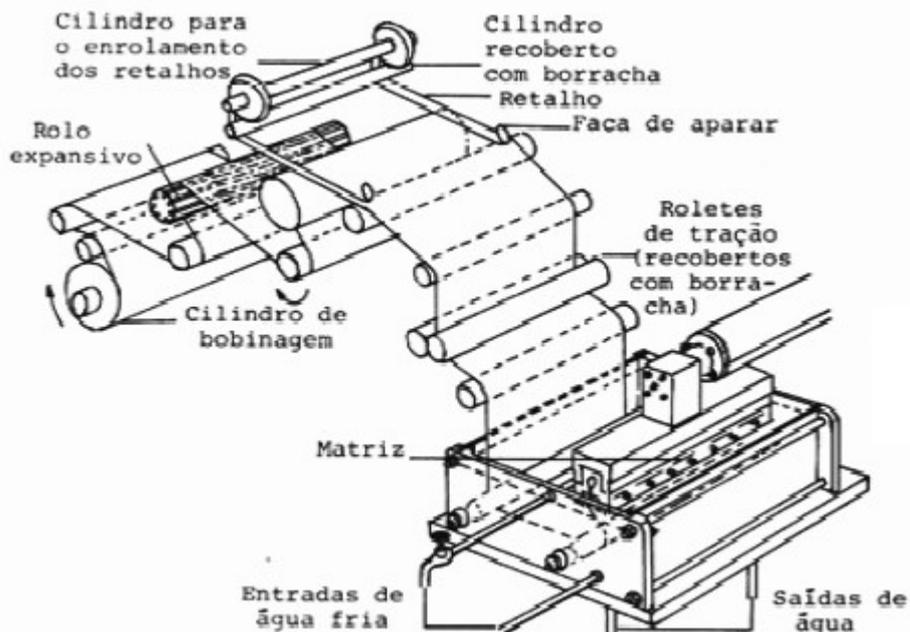


Figura 57 - Extrusão de filmes planos utilizando resfriamento por banho de imersão.

MATRIZ E ESPESSURA DO FILME

No processo plano, a matriz é horizontal, geralmente do tipo "rabo de peixe" ou do tipo "cabide". Sua saída pode ser oblíqua em relação à linha da extrusora para propiciar um fluxo uniforme, não turbulento, da massa

fundida, principalmente quando for utilizado o tanque de resfriamento ao invés dos rolos refrigerados. A matriz do tipo cabide possui uma régua estranguladora que faz com que a pressão do termoplástico seja introduzida no centro é distribuída por toda a largura, tendo na saída à mesma pressão. Conseqüentemente, teremos a mesma espessura em toda a largura do filme. Na saída existe um jogo de lábios para regular a matriz, na espessura desejada.

A abertura da matriz é regulável através de parafusos dispostos ao longo do comprimento da mesma para ajustar a espessura do filme. Na saída da matriz os filmes têm espessuras que variam de 0,2 a 0,6 mm e largura total de até 2,0 m, dependendo do porte da extrusora. Porém, a espessura do filme é regulada pela velocidade dos rolos de tração que estiram o filme, posicionados após os rolos de resfriamento. A espessura final do filme, após o processo de estiramento e resfriamento, pode ficar entre 10 e 20 μm . Se a redução de espessura conseguida com o estiramento não ocorresse, a abertura da matriz deveria ser extremamente fina. Isto acarretaria uma menor produção, devido à alta resistência ao fluxo, e uma extrema dificuldade do ajuste de paralelismo dos lábios inferior e superior da matriz (pequenos desalinhamentos causam grandes diferenças de espessura ao longo da seção transversal do filme).

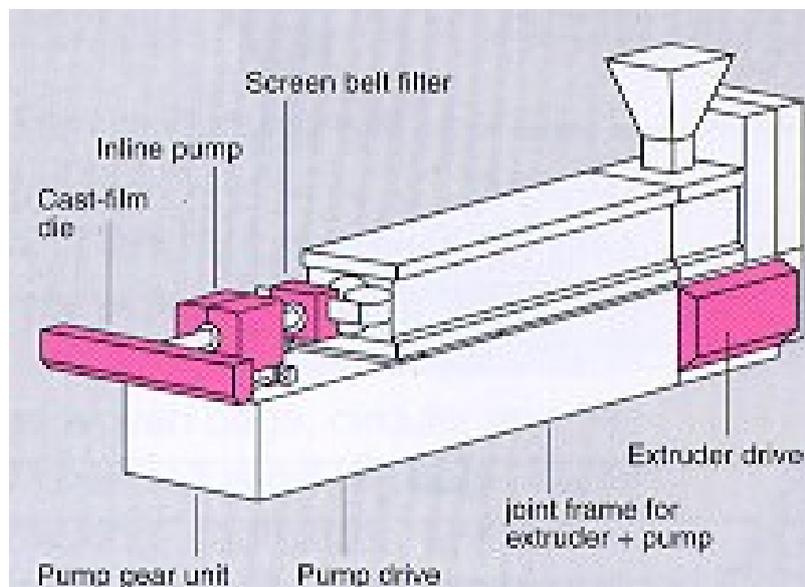


Figura 58 - Componentes básicos de uma extrusora de filmes planos: além do cilindro de aquecimento, são destacados a unidade de transmissão (motor e caixa), a placa filtro, uma bomba de engrenagens e a matriz.

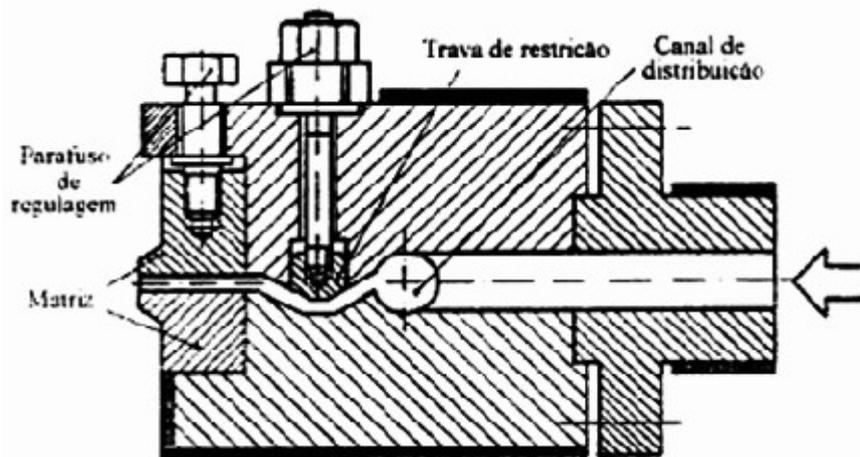


Figura 59 - Corte longitudinal de uma matriz do tipo "cabide", mostrando o canal de distribuição do material plastificado, os parafusos de regulagem da abertura e a trava de restrição (régua estranguladora).

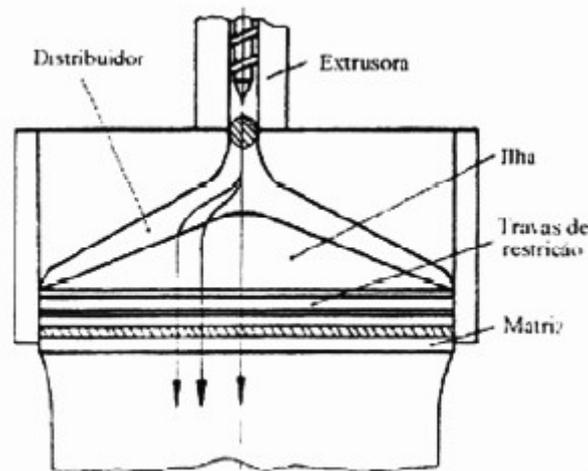


Figura 60 - Matriz tipo "cabide" vista de cima.

SISTEMA DE RESFRIAMENTO

Logo após a saída do produto da matriz, inicia-se o processo de resfriamento, que costuma ser efetuado de duas formas diferentes: por imersão em água ou pelo contato com cilindros resfriados.

Em princípio, a distância entre a matriz e o sistema de refrigeração deve ser a mínima possível, a fim de se evitar a contração transversal do filme, que lhe reduz a largura. Da magnitude dessa contração depende a quantidade de material que deverá ser aparada das laterais, e, portanto, a perda do processo. Por outro lado, porém, um intervalo muito curto entre a matriz e o sistema de refrigeração poderá provocar o rasgamento do filme nos lábios da matriz, além de prejudicar, inevitavelmente, a qualidade ótica do filme. Cada material possui sua combinação específica de parâmetros do processo: temperatura de extrusão, velocidade de produção e distância ao sistema de arrefecimento.

Cilindros resfriados:

Neste sistema o filme quente é resfriado por contato direto com cilindros de aço mantidos à baixa temperatura, geralmente em torno de 10°C. Estes cilindros ou rolos, também chamados de *chill-rolls*, exercem uma pequena força de puxamento do filme, que poderá ou não alterar as propriedades físicas do mesmo.

Para otimizar as qualidades ópticas do filme é necessário trabalhar bem próximo das temperaturas máximas recomendadas para cada termoplástico. Os cilindros de refrigeração devem ser altamente polidos para que sua superfície espelhada não transmita imperfeições à superfície do filme, o que prejudicaria seu brilho e sua transparência.

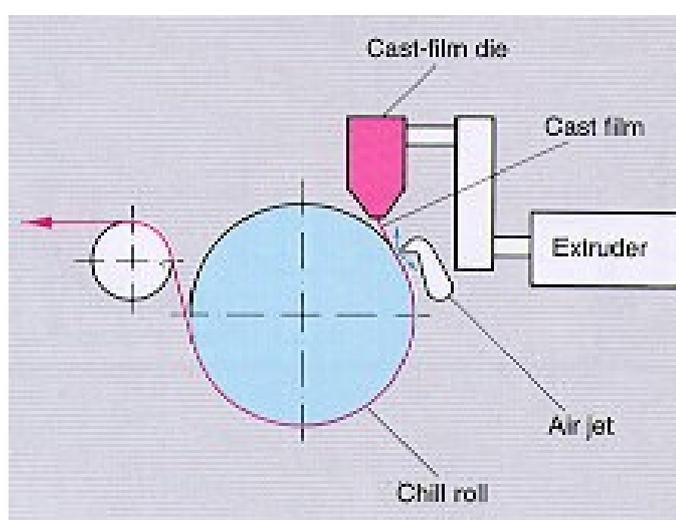


Figura 61 - Cilindro (ou rolo) refrigerado para resfriamento de filmes planos. Um jato de ar aumenta a adesão do filme à superfície do rolo.

Banho de imersão:

O resfriamento também pode ser feito com a imersão do filme em um tanque com água circulante. Contudo, é importante que a circulação de água não cause perturbações à passagem do filme extrudado, de forma a não modificar sua espessura.

Para materiais como o PP, um alto grau de transparência não pode ser atingido com este tipo de resfriamento, pois não é tão brusco com o efetuado pelos rolos refrigerados.

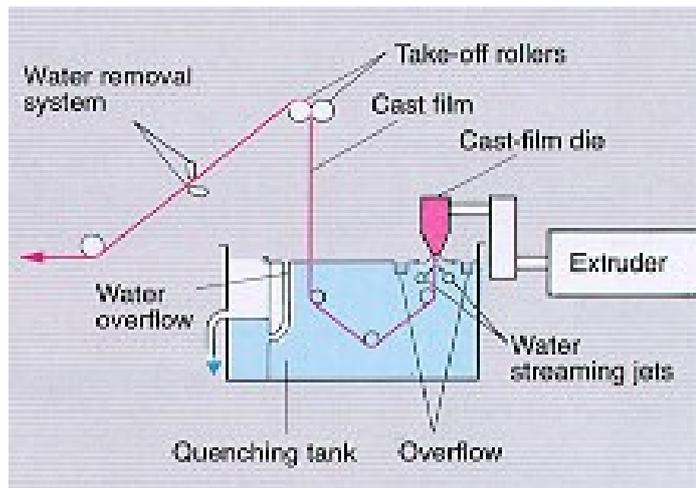


Figura 62 - Banho de imersão para resfriamento de filmes planos

EXTRUSÃO-LAMINAÇÃO

Esse processo, que está ilustrado na figura 63, consiste na aplicação de uma camada de polietileno (ou outras resinas, em menor escala) sobre papel, tecidos, filmes metálicos ou quaisquer outros substratos flexíveis. O processo encontra ampla aplicação na cobertura de produtos como:

- a) **Papel kraft** - na produção de sacos de papel multifolhados para embalagem de fertilizantes e produtos químicos e outros artigos que requeiram garantia de vedação da umidade e da contaminação pelas fibras do papel;
- b) **Cartolina** - na confecção de embalagens para leite, sucos de frutas ou similares;
- c) **Papel alumínio** - na confecção de embalagens para sopas e alimentos que requeiram a exclusão do oxigênio;
- d) **Filme poliéster** - para embalagens que tenham de reter o aroma do produto, ou que tenham de ser aquecidas;
- e) **Tecidos** - na confecção de entretela para golas e para embalagens especiais.

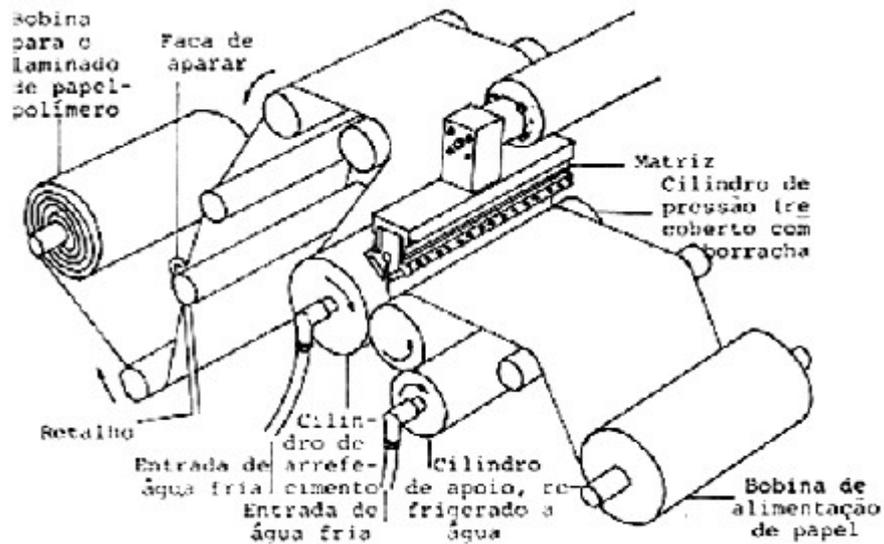


Figura 63 – Processo de extrusão-laminação

A instalação empregada para extrusão-laminação apresenta grande similaridade com a que é usada na produção de filmes planos. Usa-se uma matriz tipo fenda, que produz um filme fino que é, em seguida, aplicado sobre o material a cobrir. Isso é feito em um sistema constituído de um cilindro de arrefecimento e de um cilindro de pressão, recoberto com borracha. O substrato a ser recoberto é suprido continuamente desde uma posição de desbobinamento, passando sobre o cilindro de pressão. O filme plástico é fortemente comprimido sobre o substrato. A espessura da camada aplicada pode ser em parte regulada pela taxa de extrusão e pela velocidade do substrato.

O cilindro de resfriamento é, normalmente, cromado e altamente polido, e projetado de forma a remover o máximo de calor do plástico aquecido. Essa é condição essencial para garantir a aderência do plástico ao substrato. A temperatura em que se dá a laminação (com polietileno) deve ser da ordem de 25 a 30°C. Se ela for mais alta, existe a tendência ao arrancamento da camada de polietileno, e a conseqüente delaminação parcial.

Extrusoras para desvolatização (degasagem, desgaseificação)

Estas extrusoras são usadas quando há necessidade de:

- remoção de monômeros e oligômeros na polimerização ou na preparação de polímeros;
- remoção de voláteis na composição de polímeros com aditivos.
- remoção de produtos de reações de polimerização (água, metanol, solventes, etc.);

- remoção de ar de polímeros com carga, principalmente polímeros reforçados com fibras;
- remoção de umidade;

Uma extrusora deste tipo (figura 28) é equipada com uma ou mais aberturas no cilindro, pela qual, gases voláteis escapam. Além disso, estas aberturas podem ser usadas como alimentadores de aditivos, aumentando a versatilidade deste tipo de máquina. Elas também podem funcionar como as convencionais quando se vedam as aberturas.

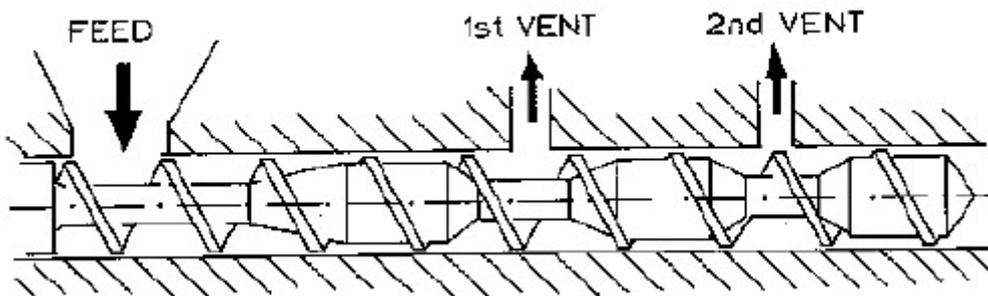


Figura 28 - Corte de um cilindro com duas aberturas, mostrando um parafuso de três estágios.

DESVOLATIZAÇÃO EM CASCATA

Duas extrusoras são montadas em cascata. A primeira, normalmente multi-rosca, é usada para transporte de sólidos, plastificação e alimentação. O material, então, passa por gravidade, para a seção de alimentação da segunda extrusora, geralmente de rosca simples, que transporta o material plastificado e o conforma. A desvolatização acontece na passagem do material de uma extrusora para a outra.

A maior vantagem é que o controle de vazão do primeiro estágio para a capacidade de geração de pressão do segundo estágio é bem melhor do que no sistema de desvolatização convencional. A óbvia desvantagem é o maior custo deste sistema em relação ao convencional.

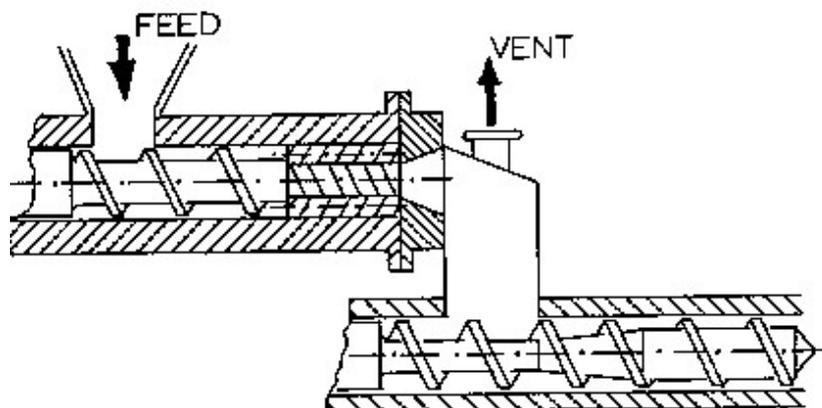


Figura 29 - Extrusora desvolatizadora tipo cascata.

CO-EXTRUSÃO DE FILMES

Muitos produtos necessitam de propriedades de vedação (barreira) à umidade, CO_2 , ou a O_2 , combinadas com boa resistência ao impacto e à tração e ainda bom aspecto visual. Assim, quando não se encontra uma resina que confira ao filme todos os requisitos do gênero e que seja economicamente viável, passa-se a produzir filmes com **mais de uma camada** pelo processo conhecido como **co-extrusão**. O crescimento deste tipo de processo vem sendo muito grande nos últimos anos, principalmente no ramo de embalagens.

De forma geral, as camadas podem ser classificadas em:

- **camadas de acabamento:** geralmente externas, devem proporcionar características como brilho, transparência, capacidade de impressão ou capacidade de soldagem;
- **camadas de estrutura:** devem possuir boas propriedades mecânicas, como resistência ao impacto, resistência à tração, além de características especiais, como, por exemplo, capacidade de encolhimento (filmes encolhíveis);
- **camadas de barreira:** normalmente servem como barreira, ou seja, diminuem a permeabilidade do filme à umidade, oxigênio, gás carbônico e outros gases; os materiais mais empregados como barreira são o EVOH, PA, PET e PVDC;
- **camadas de adesão:** como nem todos os materiais usados em camadas estruturais são compatíveis alguns materiais usados em camadas de função, utiliza-se entre os dois uma camada de material com excelente adesão com ambos.

Muitos filmes co-extrudados apresentam camadas que executam mais de uma destas funções, graças às propriedades dos materiais que as compõem. O material de cada camada pode ser um homopolímero, um copolímero ou mesmo uma blenda.

Os equipamentos pós-extrusão são os mesmos utilizados na obtenção de filmes monocamada simples ou duplos. A diferença é que, assim como na já referida co-extrusão de tubos e perfis, utiliza-se uma extrusora específica para cada tipo de matéria-prima e uma matriz com canais internos que conectam as extrusoras aos lábios, formando o filme multicamadas.

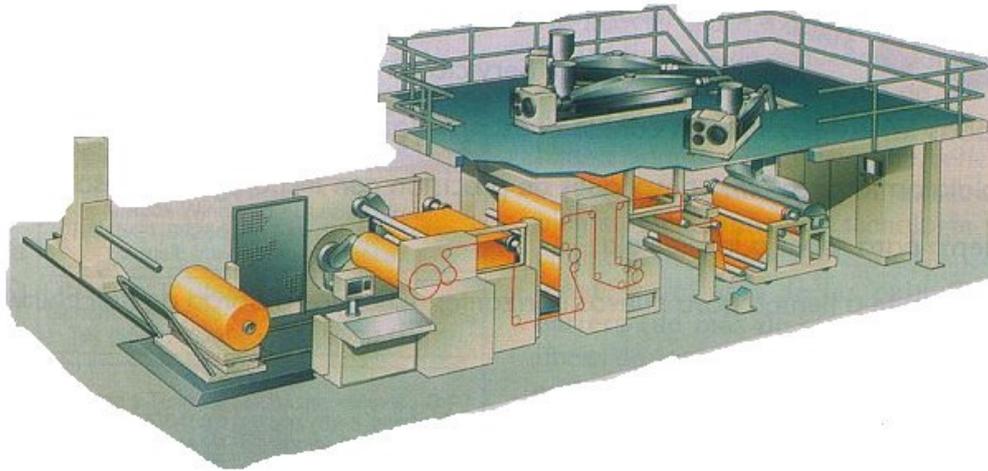


Figura 75 - Máquina para co-extrusão de filmes planos. Nota-se três extrusoras radialmente dispostas num mezanino, conectadas a uma matriz oblíqua tipo cabide.



Figura 76 - Matrizes do tipo espiral para extrusão de filmes tubulares

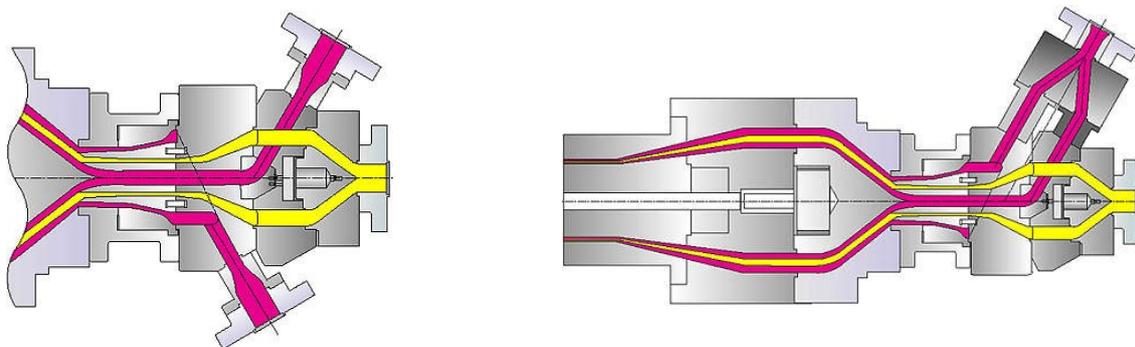


Figura 77 - Matrizes planas de co-extrusão de filmes

EXTRUSÃO DE FILMES PLANOS BI-ORIENTADOS

Neste processo, o filme plano é extrudado com uma largura relativamente pequena, sendo **estirado longitudinal e transversalmente**, até atingir a largura final, várias vezes maior do que a inicial. A orientação longitudinal ocorre pela tração de rolos puxadores ao final da linha, como no processo plano convencional. A **orientação transversal**, não realizada no processo convencional, é conseguida através da movimentação diagonal (para frente e para os lados) de grampos que prendem as laterais do filme. Através deste sistema, a largura final do filme costuma ser várias vezes a largura da matriz. A bi-orientação confere ao filme **propriedades mecânicas** semelhantes às obtidas nos filmes tubulares.

Dois métodos são utilizados para o processamento de filmes planos bi-orientados:

1) **Estiramento Seqüencial**: o filme plano extrudado ainda estreito passa por uma unidade de estiramento longitudinal, onde uma série de rolos de tração orientam as moléculas do polímero na direção da extrusão, para só então passar pela unidade de estiramento transversal (funcionamento já descrito acima).

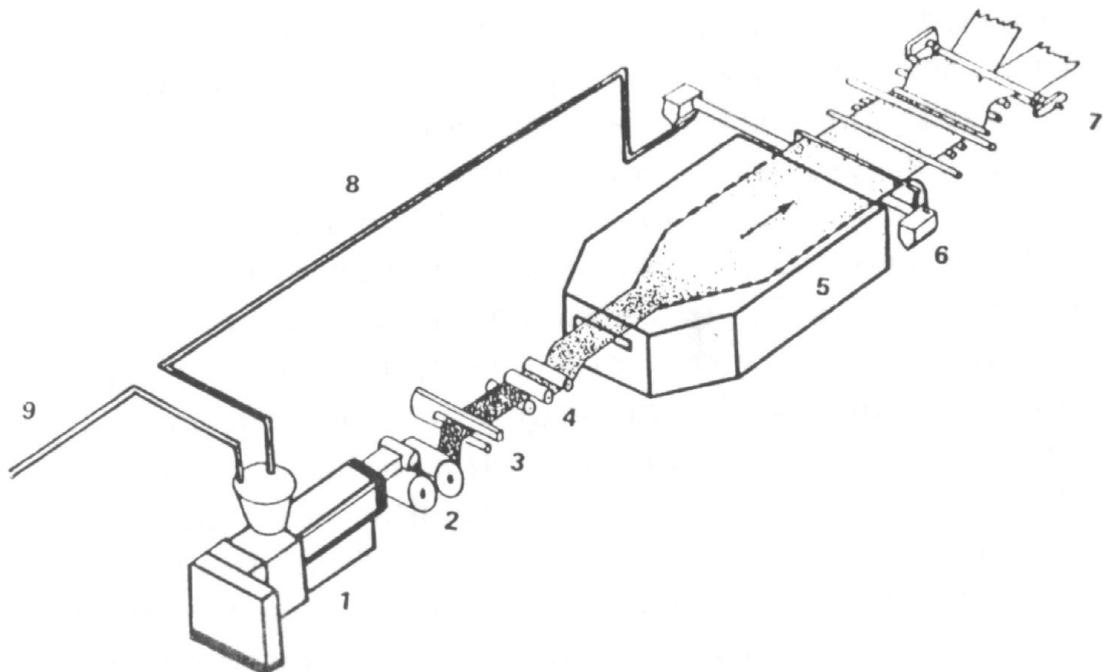


Figura 78 - Unidade de estiramento seqüencial.

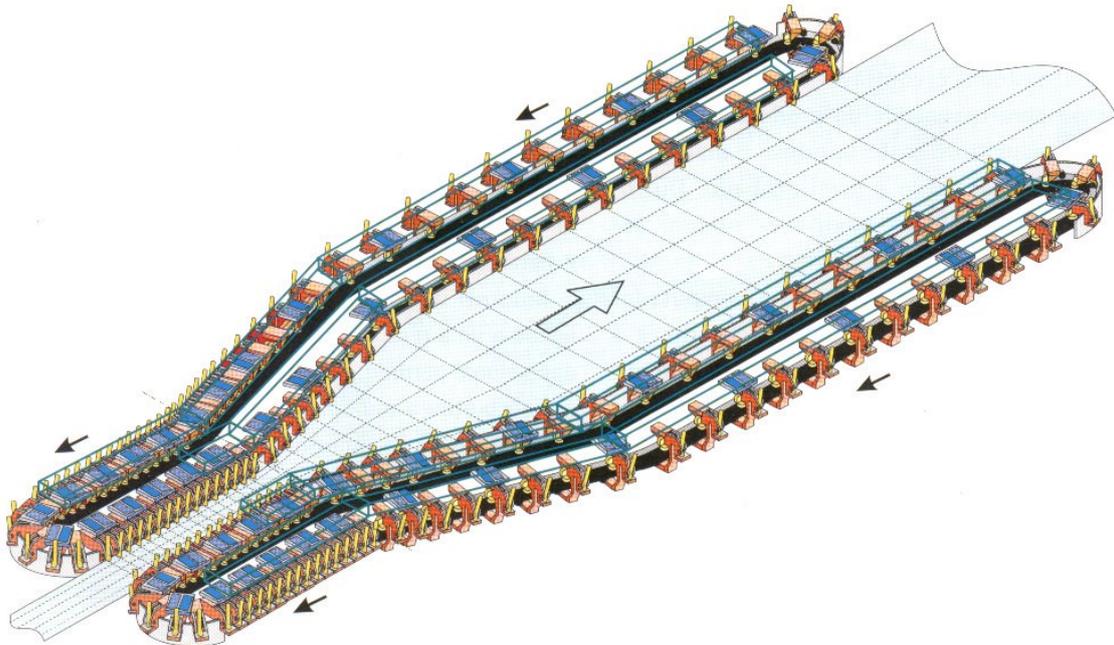
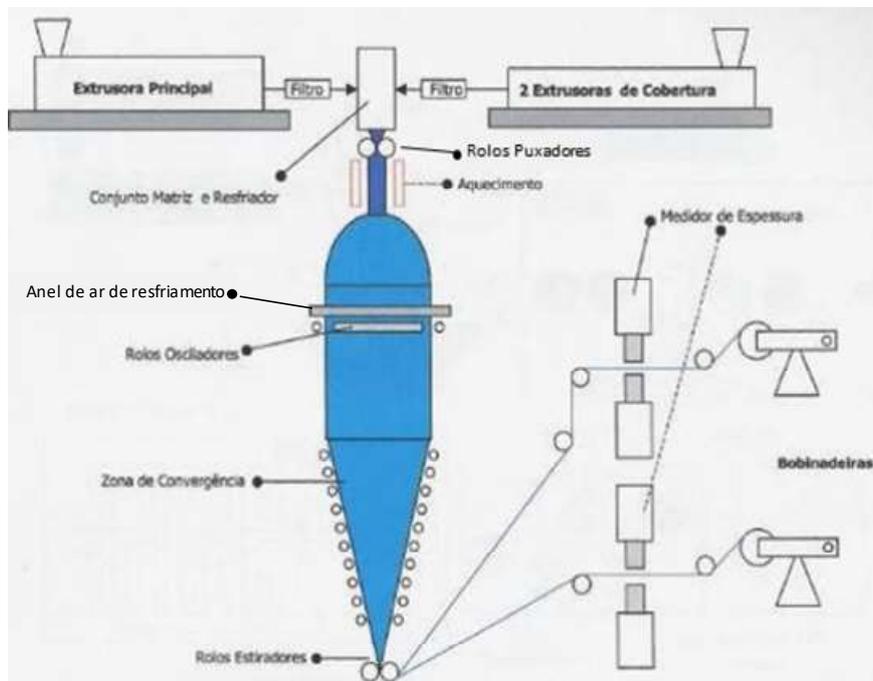


Figura 79 - Unidade de estiramento simultâneo longitudinal e transversal para bi-orientação de filmes planos. A matriz e a extrusora não são mostrados no desenho, apenas o filme e os grupos de estiramento.

EXTRUSÃO DE FILMES TUBULARES BI-ORIENTADOS



BOPP - Esquema do processamento em filme tubular

O estiramento do filme na DM é proporcionado pela primeira razão de sopro reduzida (RS 1:1), que vai da matriz até os rolos puxadores, em conjunto com a velocidade requerida/ajustada nestes rolos puxadores.

O estiramento na DT é obtido pela segunda razão de sopro ampliada (RS 6:1), que vai dos rolos puxadores até os rolos estiradores, em conjunto com a velocidade requerida/ajustada nestes rolos estiradores.

No início do processamento os rolos puxadores ficam abertos permitindo o enchimento completo do balão.

Após alcançado o diâmetro desejado para o balão os rolos puxadores são fechados, ficando um primeiro sopro reduzido com o diâmetro do balão similar ao da matriz (RS 1:1), ao mesmo tempo que é solidificado pelo sistema de resfriamento.

A seguir o filme é aquecido, acima da temperatura de amolecimento e abaixo da de fusão do material, passando por um segundo sopro com um diâmetro bem maior que o da matriz (RS 6:1).

Um anel de ar externo proporciona a solidificação e o resfriamento do filme nesta segunda etapa do estiramento na DT.

Os rolos puxadores e estiradores vedam a passagem do ar que fica aprisionado, e em conjunto com as velocidades destes rolos mantém estabilizadas as razões de sopro ajustadas do primeiro e segundo sopro.

Um conjunto de roletes (saia de achatamento) proporciona o encaminhamento do filme tubular aos rolos estiradores mudando a geometria de filme tubular para filme plano duplo.

Após a passagem pelos rolos estiradores o filme duplo é cortado em suas extremidades, gerando dois filmes planos simples que são bobinados separadamente.

Polipropileno bi-orientado (BOPP)

É empregado como base de fitas adesivas, em álbuns de fotografia, rótulos, revestimentos metalizados de capacitores, embalagens metalizadas à vácuo para produtos alimentícios e sobre-embalagens para carteiras de cigarros, revistas, pacotes de produtos alimentícios, caixas de produtos eletroeletrônicos e estojos para CDs e fitas de vídeo. Também são muito empregados como revestimento de laminados de papel usados na confecção de embalagens para produtos alimentícios. Além de algumas destas aplicações, o **PET bi-orientado** também se aplica a fitas magnéticas para áudio e vídeo, disquetes, filmes encolhíveis, filmes para raio-X, sacos de café embalado à vácuo e isolamento elétrico, entre outras. Filmes bi-orientados de outros materiais, como PVC, PC, PMMA, PELBD, PEN, PS e PA, também já encontram aplicações. Muitos destes filmes planos bi-orientados são **coextrudados**.

EXTRUSÃO DE FIBRAS

Fibras são materiais caracterizados pela altíssima razão comprimento/largura. Fibras naturais, como linho, algodão, seda e lã são muito empregadas pela indústria têxtil, mas é crescente o uso de fibras sintéticas, desenvolvidas para novas aplicações ou para substituir as naturais.

Quando a fibra extrudada continuamente é bobinada em roletes semelhantes a carretéis, ela é dita filamento. Fibras curtas ou diversos filamentos podem ser trançados, produzindo-se um fio dito **multifilamento** (*yarn*). Os multifilamentos, assim como os **monofilamentos**, podem ser usados para a confecção de artigos como cordas, sacolas, sacos, telas para pintura, linhas para pesca, tecidos para artigos de vestuário e mobiliário, tecidos de uso industrial (filtros, correias, cintos, mantas), não-tecidos em geral, camadas internas de pneus, mangueiras para bombeiros, mantas geotêxteis e *airbags*.

As principais diferenças entre multi e monofilamentos são citadas abaixo:

- monofilamentos têm diâmetro consideravelmente menor;
- cordas, linhas, redes e tecidos podem ser produzidos a partir de linhas compostas por um único filamento (monofilamento) ou por vários filamentos trançados (multifilamentos);
- a escala de produção é maior para a extrusão de multifilamentos;
- geralmente multifilamentos são extrudados para baixo, para possibilitar um estiramento gravitacional e/ou induzido por jatos de ar descendentes;
- devido às duas últimas diferenças citadas, as instalações industriais para o processo de multifilamentos costumam ser maiores e mais caras.

Vários processos foram desenvolvidos para a obtenção de fibras sintéticas, entre os quais a extrusão de material plastificado (*melt spinning*).

Basicamente 4 tipos de matérias-primas são empregadas para a transformação em fibras sintéticas por extrusão:

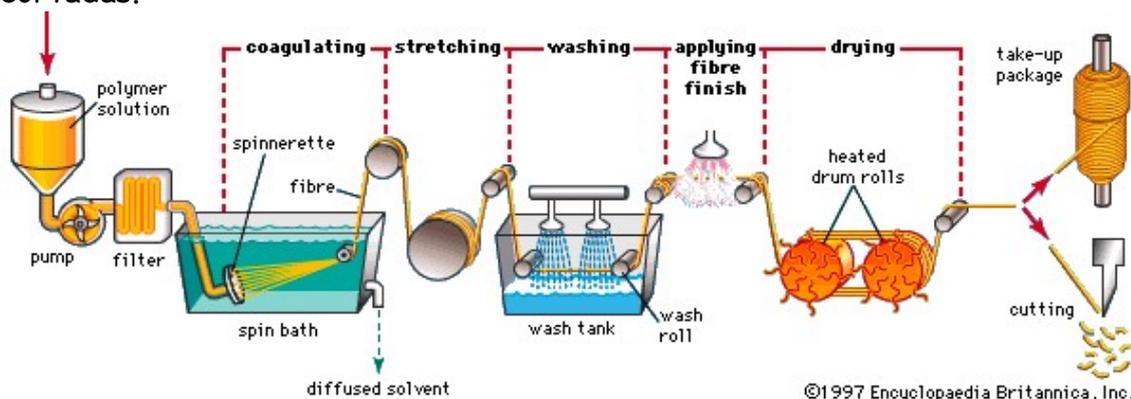
- Poliéster (PET);
- Poliamidas (PA);
- Polipropileno (homopolímero e copolímero);
- Polietileno (de alta, média, baixa densidades e linear de baixa densidade).

Outras fibras comerciais, produzidas em escala menor, são a *Saran* (baseada em PVDC), *Spandex* (copolímero elastomérico de poliuretano e poliuréia) e a *Sulfar* (PPS).

LEITURA COMPLEMENTAR: FIAÇÃO ÚMIDA (WET-SPINNING)

Fibras de acrílico e de Rayon (celulose regenerada), mais conhecidas por viscose, são muito empregadas, mas não são obtidas pelo processo de extrusão de material plastificado a partir de *pellets*.

Pela pressão gerada por uma bomba de engrenagens, o polímero **em solução** é extrudado através de uma fiandeira diretamente num **banho de solvente**. Os filamentos precipitam e solidificam ao emergirem do banho químico. Na seqüência, as fibras são estiradas, lavadas (para retirada do solvente), tratadas superficialmente, secas e, finalmente, enroladas ou cortadas.



©1997 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Figura 80 - Processo de fiação úmida para produção de fibras de Rayon.

LEITURA COMPLEMENTAR: NÃO-TECIDOS

Ao contrário dos tecidos, onde as fibras são trançadas de forma regular em teares, os não-tecidos apresentam as fibras distribuídas aleatoriamente. As fibras podem ser unidas por diferentes tipos de processos, formando o não-tecido.

Materiais naturais ou sintéticos podem ser usados, em forma de filamentos contínuos ou de pequenas fibras. Entre as fibras naturais, PP, PE, Rayon e PET são as matérias-primas predominantes.

Os não-tecidos encontram inúmeras aplicações: artigos automobilísticos (revestimento de volantes e assentos), mantas geotêxteis, artigos para escritório (coberturas de livros e cadernos; envelopes), artigos para higiene (lenços umedecidos; fraldas), peças de vestuário (componentes de calçados e enchimentos de soutiens e ombreiras), artigos cirúrgicos (máscaras, capas e aventais), coberturas protetoras para uso agrícola, artigos domésticos (almofadas, fundos de carpetes, cortinas e cobertores) e artigos industriais (correias transportadoras, embalagens e filtros).

Spunbonding e *Meltblowing* são dois dos principais processos de produção de não-tecidos a partir de fibras plásticas extrudadas. Não-tecidos com mais de uma camada, como o SMS (camadas externas produzidas por *spunbonding* e laminadas sobre a interna produzida por *meltblowing*) também são bastante empregados.

No processo de *meltblowing*, logo após sair pela matriz, o material ainda plastificado é estirado horizontalmente por jatos de ar, conseguindo-se filamentos extremamente finos. Após o estiramento os filamentos são coletados aleatoriamente pela superfície de um rolo de grande diâmetro, formando o não-tecido. Após o resfriamento, o não-tecido é bobinado. O pequeno diâmetro dos filamentos confere ao não-tecido um toque aveludado. Porém, como o estiramento é feito com os filamentos ainda plastificados, não há uma orientação molecular que resulte em ótimas propriedades mecânicas.

Pelo processo de *spunbonding*, vários filamentos são extrudados verticalmente por jatos de ar frio e caem sobre uma esteira porosa, sob a qual faz-se vácuo. Defletores móveis espalham os filamentos ao final da queda. Como o estiramento é basicamente com os filamentos já solidificados, a diminuição de sua espessura não é tão grande quanto no processo *meltblowing*, mas as propriedades mecânicas conseguidas são muito maiores, graças á forte orientação molecular induzida. A base do não-tecido é formada pela disposição aleatória dos filamentos sobre a esteira. A esteira conduz esta base á uma calandra aquecida, que consolida o não-tecido através da fusão dos filamentos em pequenos pontos determinados pelo padrão em relevo nos rolos da calandra. Após a calandra o não-tecido é resfriado e bobinado.

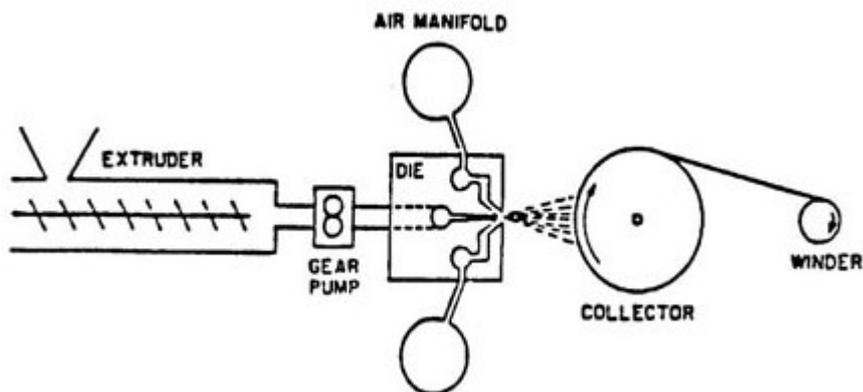


Figura 81 - Processo Meltblowing. Extrusora, bomba de engrenagens (gear pump), matriz (die), distribuidores de ar (air manifold), esteira coletora (collector) e rolete bobinador (winder).

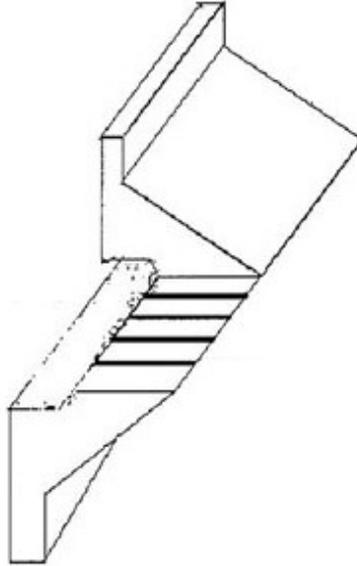


Figura 82 - Corte de uma matriz para meltblowing. A matriz consiste de duas partes, superior e inferior. Após entrar na matriz e ser distribuído por um canal, o material plastificado sai por ranhuras, salientadas em preto.

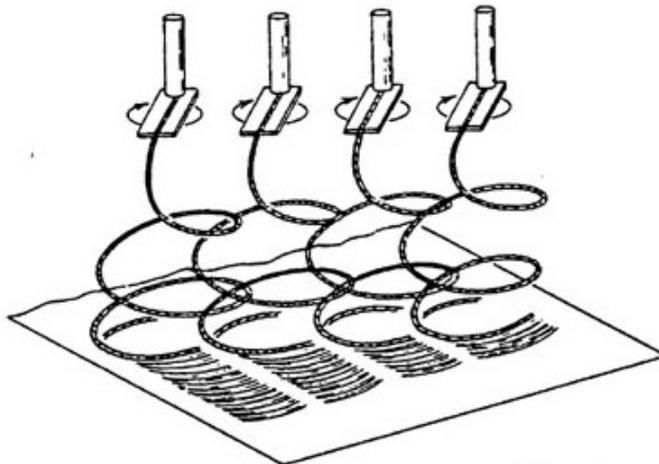


Figura 83 - Defletores (pincéis) para espalhamento dos filamentos sobre a esteira coletora

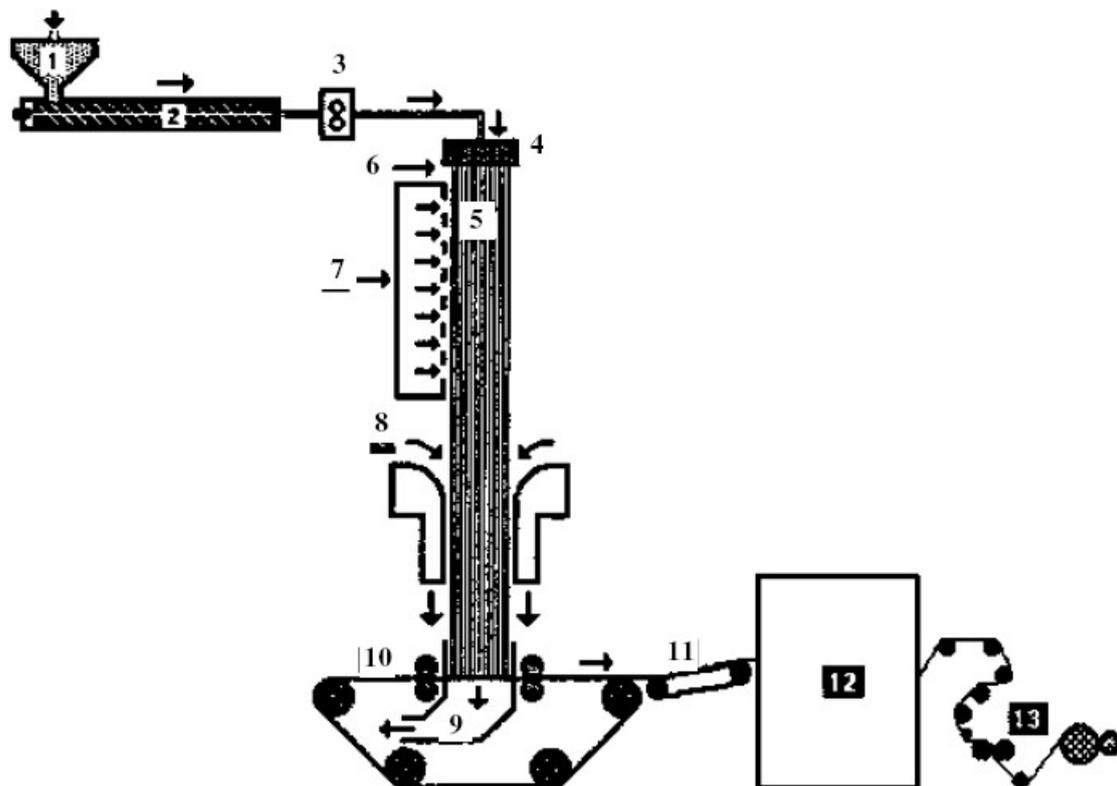


Figura 84 - Processo Spunbonding. 1) funil, 2) extrusora; 3) bomba de engrenagens; 4) bloco de matrizes; 5) torre de resfriamento e estiramento; 6) entrada de ar primário; 7) entrada de ar secundário; 8) jatos de ar terciários; 9) sucção sob a esteira coletora; 10) esteira coletora; 11) esteira guia; 12) calandra de consolidação; 13) bobinadora

EXTRUSÃO DE FITAS DE RÁFIA

Ráfia é o nome de uma palmeira cujas fibras, muito resistentes, costumavam ser utilizadas para a fabricação de tecidos e cordas. Com o advento dos processos de transformação de plásticos, passou-se a empregar o nome ráfia, à fitas planas produzidas por extrusão para o mesmo tipo de emprego.

Inicialmente um filme plano é extrudado por uma matriz tipo cabide ou rabo-de-peixe, passando, em seguida, por um banho de água num tanque de resfriamento. A água que adere ao filme é eliminada durante a passagem do mesmo entre dois cilindros de pressão e a umidade residual é retirada por tubos de sucção. Uma vez seco, o filme é cortado em tiras longitudinais, cuja largura é dada pela distância entre as lâminas do cilindro de corte. Antes do cilindro de corte, as laterais do filme são aparadas, e, geralmente, succionadas e reenviadas à extrusora. Para que as fitas tornem-se mais resistentes, permitindo seu emprego na fabricação de cordas e tecidos para sacolas e sacos, as linhas de extrusão de ráfia possuem unidades de estiramento, composta de vários roletes. O estiramento das fitas, em um ou mais etapas, ocasiona uma forte orientação das moléculas do polímero, aumentando as propriedades mecânicas do material. As taxas de estiramento normalmente variam entre 1:6 e 1:15. Assim como na extrusão de fibras, estufas com circulação de ar quente (o aquecimento também pode ser feito por água ou por contato) são usadas para condicionar a temperatura do material em função das propriedades requeridas para as fitas e das características do material. Após as unidades de estiramentos, cada fita é bobinada por um rolo diferente.

Devido aos maiores custos de produção pelo processo de extrusão de filamentos, geralmente as fitas de ráfia são preferidas para a confecção de produtos de baixo custo. Polipropileno e polietileno são as matérias-primas geralmente utilizadas para a produção de fitas decorativas, fundos de carpetes, sacos, cabos, filtros, revestimentos de parede, lonas de proteção para agricultura.

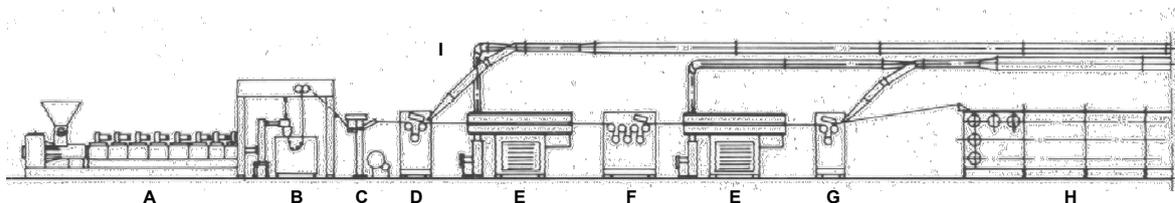


Figura 85 - Linha de extrusão de fitas de ráfia: A) extrusora com bomba de engrenagens; B) tanque de resfriamento; C) D); E) estufas de condicionamento térmico; F) unidade de estiramento; G) unidade de estiramento; H) roletes bobinadores; I) tubulação de sucção de aparas laterais e fitas rejeitadas

EXTRUSÃO DE CHAPAS EXPANDIDAS

Este processo tem a vantagem de oferecer chapas de PP, PS, PE, PA e PVC flexível, mais leves em função da densidade menor, por volta de 0,2 g/cm³, causada pela introdução no sistema de um agente expensor. O agente expensor (isopentano, azodicarbonamidas, tricloro flúor metano ou nitrogênio) pode ser impregnado nos *pellets* ou injetado na extrusora. A injeção do expensor no polímero fundido origina chapas com densidade maiores do que as expandidas pela vaporização do agente impregnado nos *pellets*, porém mais resistentes e rígidas.

EXTRUSÃO DE CHAPAS

A extrusão de chapas é semelhante à extrusão de filmes planos. Processa-se em um equipamento colocado num plano horizontal, conforme ilustrado na figura 86. O equipamento é composto de extrusora, cabeçote plano, calandra, esteira para resfriamento secundário, puxador de dois cilindros emborrachados que trabalham com pressão sobre a chapa, e, finalmente, a bobinadora.

Esta última é usada para chapas de espessuras até 2 mm. Quando a espessura é maior usa-se uma guilhotina e se empilha as chapas prontas. Assim como na extrusão de filmes planos, a matriz de extrusão é geralmente do tipo "cabide".

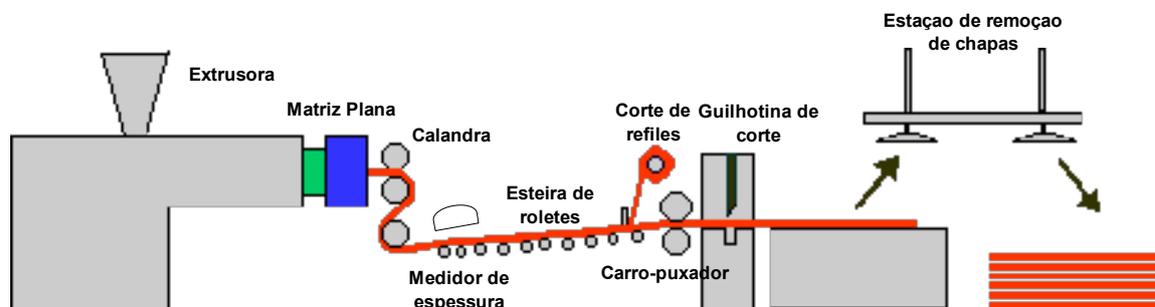


Figura 86 - Extrusora e equipamentos complementares para produção de chapas.

O cabeçote é todo revestido por resistências de aquecimento controladas pelo operador. Ao sair do cabeçote, a chapa passa por um sistema alisador composto de três cilindros (calandra) dispostos verticalmente. Torna-se necessário este dispositivo tipo laminador, pois ele faz o ajuste final das dimensões desejadas, ao mesmo tempo em que alisa a superfície. O sistema consiste em passar o polímero através de um sistema normalmente constituído de três rolos de parede dupla, que possuem em suas superfícies uma película de cromo duro altamente espelhada.

A parede dupla nos cilindros é necessária para que se possa passar um líquido a uma temperatura pré-determinada, a fim de se obter um certo

controle da temperatura superficial dos cilindros, o que é de suma importância para um laminado de boa qualidade.

Chapas de poliestireno (PS), ABS, acrílico (PMMA) e PVC (em menor escala) são produzidas por este processo para posterior termoformação de peças como banheiras, potes, copos, embalagens de brinquedos e produtos de confeitaria, consoles e pára-choques.

COEXTRUSÃO DE CHAPAS

Através de duas ou mais extrusoras, a mesma matriz extruda de duas ou mais cores do mesmo termoplástico ou ainda termoplásticos diferentes, porém compatíveis, formando uma chapa tipo sanduíche.

Um exemplo é a transformação de chapas de quatro camadas para copos ou potes, onde a primeira camada, de material virgem para evitar contaminação, manterá contato com o produto embalado. A segunda camada, mais espessa, tem função estrutural, mas pode ser feita com material reprocessado. A terceira camada é de cor diferente, por motivos estéticos e, finalmente, a quarta camada é de poliestireno cristal, que dá o brilho e deixa a camada colorida (terceira) transparecer. São necessárias, portanto, quatro extrusoras, com materiais adequados para cada caso e um cabeçote de construção apropriado para proceder à distribuição das camadas de acordo.