



Autores do artigo:
Daniel Justo e Jorge L. Zimmermann
Coordenadores de Produtos Albany International

ARTIGO

A Evolução da Prensagem no Papel

Introdução

Este trabalho tem como objetivo apresentar conceitos de prensagem e abordar as considerações operacionais com suas limitações. Mostraremos conhecimentos básicos da teoria de prensagem, passando pela evolução dos tipos de prensa, e faremos uma abordagem da evolução das configurações da seção de prensagem de papéis planos.

Teoria de Prensagem

As diversas teorias que tentam explicar o que acontece no nip de prensagem foram baseadas em dados experimentais de máquinas-piloto que, via de regra, de alguma forma estão distantes da realidade. Extrapolando as medições de laboratório para as máquinas atuais, podemos considerar algumas correlações como válidas.

A velocidade com que a água se move da folha para dentro do feltro e todos os mecanismos envolvidos nesta remoção são apenas interpretações dos fatos; porém, pode haver conflitos entre os diferentes modelos estudados. À medida que o nosso conhecimento neste assunto aumenta, os modelos são aperfeiçoados, visto que mais variáveis são introduzidas e estudadas, tornando o processo cada vez mais complexo. Contudo, já alcançamos um grande progresso no entendimento do desaguamento da folha durante a prensagem, e o processo de busca desse conhecimento continua em desenvolvimento.

O modelo mais empregado é o de Wahlstrom. Introduzido no início dos anos 60 e refinado gradativamente ao longo do tempo, foi de grande valor para a compreensão dos mecanismos envolvidos nos diferentes tipos de nip. Entende-se a prensagem de água da folha como um processo mecânico contínuo de redução de volume. Envolve a compressão da folha para espremer água tanto do interior das fibras quanto a localizada entre elas. Quanto mais comprimida a folha, maior quantidade de água é removida. A prensagem é feita com a folha em contato com um ou dois feltros no nip formado entre dois rolos de pressão. A carga aplicada na prensa é equilibrada pelas forças contrárias geradas dentro da folha e do feltro. A área abaixo da curva da pressão total equivale à pressão linear (Fig. 1). A carga aplicada pode ser dividida em duas partes: a pressão hidráulica devido à resistência ao movimento da água para fora da folha e do feltro e a pressão mecânica requerida para os comprimir. A pressão total em qualquer ponto do nip é igual à soma desses dois componentes.

Para uma melhor compreensão, o nip tem sido dividido em quatro fases baseadas na interação das pressões hidráulica e mecânica.

Fase 1

Inicia-se a compressão com ar fluindo para fora da folha e do feltro até que estes saturam. Nesta fase não ocorre pressão hidráulica na folha e há insignificante alteração no seu teor seco.

Fase 2

A folha está saturada e o crescimento da pressão hidráulica nela causa o movimento da água para o interior do feltro. Se nesta fase o feltro também saturar, pode haver movimento de água para fora dele. Esta fase continua até o centro do nip, onde a pressão atinge o seu máximo. Acredita-se que em muitos casos a pressão hidráulica atinge seu máximo um pouco antes do centro do nip.

Fase 3

O nip se expande até que a pressão hidráulica na folha chegue a zero. Acredita-se que neste ponto a folha alcance o seu maior teor seco.

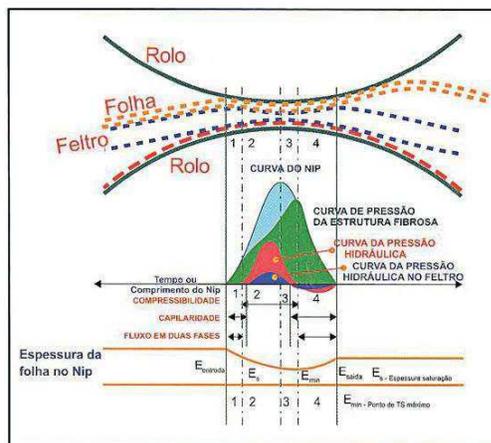


Figura 1 – teoria de Wahlstrom

Fase 4

Tanto o feltro quanto a folha se expandem e a folha torna-se insaturada. Existe a possibilidade de parte da água retornar para a folha por um ou mais mecanismos - por exemplo: absorção capilar, vácuo na folha e tensão superficial.

A possibilidade de a água retornar à folha na fase 4 é reconhecida como uma limitação da remoção de água idealizada. O reumedecimento ocorre por diferentes mecanismos, por isso folha e feltro devem ser separados o mais rápido possível a partir do meio do nip. A maioria das configurações de prensa consideram esse fato. Em alguns casos o feltro acompanha o rolo da prensa, separando-se da folha, enquanto a folha adere ao rolo duro e liso na simples feltragem. Nas prensas duplamente feltradas os rolos guia-folha são usados para posicioná-la exatamente no meio dos feltros na saída do nip.

Por mais complexo que pareça, este modelo pode ser resumido pela seguinte expressão matemática:

$$RA = C(M_{\max} - M^*)$$

Onde RA é a remoção de água a uma determinada pressão, C é uma constante de desaguamento, M_{\max} é a quantidade teórica máxima removida no centro do nip, M^* é a quantidade de água que volta para a folha devido às ineficiências no sistema.

Muitas outras variáveis deveriam ser introduzidas nessa expressão, porém isso tornaria o modelo muito complexo, fugindo ao interesse deste trabalho.

Algumas considerações foram adicionadas a essa teoria, dividindo-a em dois tipos de nip, com base no comportamento da folha durante o desaguamento:

Nip de pressão controlada é aplicável a folhas leves, abaixo de 100 g/m² e com baixa retenção de água. Essas folhas são relativamente finas e conseqüentemente sua estrutura não oferece resistência significativa ao fluxo de água. A remoção de água é controlada exclusivamente pela compressão mecânica da estrutura fibrosa e posterior reumedecimento.

Nip de fluxo controlado é aplicável a folhas mais pesadas e que apresentam elevada resistência ao fluxo de água. Nessas condições o tempo de atuação da pressão passa a ser um fator limitante no desaguamento.

O desenvolvimento de prensas, como as de sapata, ofuscou um pouco essa teoria, que é geralmente bem aceita. A temperatura também tem um importante papel, que já vem sendo aplicado nos últimos anos.

Experiências práticas assim como as teorias de prensagem separam as variáveis envolvidas na prensagem em dois grupos: os relacionados às características da folha e os associados às condições de operação e configuração de prensa. A importância do tipo de fibra, dos aditivos e da consistência não pode ficar de lado quando consideramos a eficiência de prensagem.

Efeito da Temperatura

Uma variável que tem grande influência no desaguamento da folha é a temperatura. O aumento da temperatura da folha resulta na redução da viscosidade e da tensão superficial da água, ao mesmo tempo aumenta a compressibilidade da folha. A combinação desses três efeitos, de modo geral, proporciona uma melhor eficiência no desaguamento. Por esse motivo este conceito vem sendo difundido nas máquinas de papel e de celulose, com a aplicação de chuveiros e caixas de vapor.

Evolução das Prensas

A função primária da prensa é desaguar e consolidar a folha. A função secundária é aumentar a resistência da folha, ainda úmida, e algumas outras propriedades relevantes. A operação de prensagem deve ser considerada uma extensão do processo de remoção de água que se inicia na seção de formação. A prática tem mostrado significante economia ao se maximizar o desaguamento da folha na seção de prensagem, quando comparada com a seção de secagem.

Uma estimativa do custo de desaguamento relativo pode ser considerada a seguinte: na formação 10%, na prensagem 12% e na secagem 78% do custo total.

Por esse motivo sempre se buscam incrementos na eficiência de prensagem, tanto no desaguamento absoluto quanto na uniformidade do perfil transversal. Muitos desenvolvimentos em matérias-primas e no desenho de máquina e de feltros ocorrem ao mesmo tempo, diversas vezes acontecem em uma área forçando o desenvolvimento tecnológico em outra.

Pesquisas em prensagem mostraram que o requisito mais importante no projeto da prensa é promover o menor caminho possível para a água sair do nip. A menor distância corresponde à espessura do feltro, que normalmente é interpretada como direção vertical. Prensas com fluxo preferencial vertical tornaram-se conhecidas como prensas de fluxo vertical. Podemos considerar esta como sendo uma condição ideal.

Prensas Planas

Originariamente as prensas eram planas (lisas), limitando o fluxo de água, que obrigatoriamente tinha que ocorrer na entrada do nip com a saturação do feltro.

Prensas Ventiladas

Prensa de Sucção

Desenvolvida no início do século XX, foi o primeiro passo para a prensagem de fluxo vertical. Os furos em um rolo perfurado proporcionam um caminho de fuga fácil para a

água, que é induzida a se alojar nos furos da camisa por ação do vácuo de uma caixa estacionária no lado interno do rolo.

A água é expulsa dos furos pela força centrífuga em velocidade acima de 300 m/min. Quando a velocidade é mais baixa, a água é então removida pelo próprio sistema de sucção.

A construção da camisa perfurada limita a pressão aplicável, mesmo que novos materiais tenham sido desenvolvidos para aumentar a resistência mecânica do rolo.

Prensa Ranhurada

A prensa ranhurada foi introduzida em 1963. As ranhuras no revestimento do rolo proporcionam espaços vazios para a água expelida no nip. O caminho que a água percorre é de apenas 1,3 mm. Este valor é muito menor do que quando comparado à distância de 5 mm para uma prensa de sucção e de 20 mm em uma prensa plana. Tendo o rolo ranhurado uma estrutura sólida, maiores cargas podem ser aplicadas. A água coletada nas ranhuras é expelida pela força centrífuga na saída do nip devido à elevada velocidade superficial do rolo. O revestimento dos rolos ranhurados deve ser duro (< 10 P&J) para manter a integridade da ranhura. As ranhuras requerem manutenção por meio de retíficas periódicas.

Prensa de Furos Cegos

Outra inovação no desenho de prensa vertical são as de furos cegos. A diferença maior em relação ao rolo sucção é que somente o revestimento é furado. Os furos são menores e com espaçamento menor, reduzindo a distância para fluxo lateral. Os furos cegos podem ser aplicados em rolos com revestimentos de menor dureza do que os dos rolos ranhurados pois eles têm menor tendência a fechar os furos, comparados às ranhuras, além de maior área aberta.

Hoje há algumas máquinas que combinam num mesmo rolo mais de um tipo de ventilação. Existem alguns casos em que o rolo de sucção pode ter furos cegos ou ranhuras. Isso é comum em máquinas de alta velocidade, pois promove maior área aberta e encurta a distância para o fluxo da água. Devemos ainda considerar, apenas como valor histórico, o uso de tela-prensa, cuja função é promover espaços vazios adicionais e reduzir a tendência a sombreado. A tela-prensa cedeu lugar para o uso de feltros mais modernos.

Prensa de Nip Largo

Rolos de Grande Diâmetro

Introduzida no início dos anos 80 utilizando o princípio da dupla feltragem em papéis de embalagem de maior gramatura, a prensa de nip largo utiliza dois feltros e rolos de grande diâmetro; ambos podem ser ventilados, com

elevada pressão linear. O princípio é para incrementar a largura de nip (tempo de pressão aplicada) e reduzir a distância ao fluxo da água, permitindo o desaguamento da folha por ambas as faces. Essa foi uma das primeiras aplicações para o conceito prático de impulso de prensagem introduzido por Busker para os tipos de nip com fluxo controlado.

Prensa de Sapata

Um novo tipo de prensa foi introduzido nos anos 80. A prensa de sapata permite um nip longo para deixar a folha mais tempo sob pressão. Esta prensa proporciona uma folha mais seca e resistente devido à melhor consolidação de sua estrutura.

Materiais de Revestimento de Rolos

Para finalizar a descrição de tipos de prensas, cabe uma breve descrição dos materiais empregados nos revestimentos de rolos.

Inicialmente os rolos de prensa eram revestidos de borracha natural, que foi substituída por compostos à base de neoprene ou estireno com dureza variável. Esses rolos podem ser ventilados ou não.

Rolos de poliuretano, especialmente para prensas ranhuradas, têm se tornado populares por sua resiliência e características para absorver vibração. São comuns em posições para papéis de imprimir, com dureza variável conforme a aplicação.

Rolos ranhurados de aço foram usados tanto na Europa quanto na América em máquinas de papel para impressão. Trabalham contra um rolo duro, formando nip estreito e de alta intensidade para proporcionar elevados picos de pressão, visando maior desaguamento e nip de pressão controlada. Rolos de granito para máquinas de alta velocidade em papéis de impressão foram bastante empregados por causa de suas propriedades de dureza, lisura e facilidade de soltar a folha. Devido à sua não-uniformidade natural, substitutos sintéticos estão sendo avaliados; eles incluem cerâmica e aço na sua composição. Esses rolos são extremamente duros e aplicados em nip de pressão controlada em papéis para impressão.

Evolução das Configurações de Prensas

Até 1953 todas as transferências da folha da formação até a prensagem eram do tipo aberta, com a folha sendo transferida sem estar sustentada por feltro ou rolo. A primeira aplicação de transferência da folha com vácuo (pick-up de sucção) mudou radicalmente os conceitos da seção de prensagem. Por isso, 1953 poderia também ser considerado um desses anos-chave para o início da prensagem moderna.

Prensa de Passe Aberto

O passe aberto tem uma área onde a folha não é sustentada e também onde existe um diferencial de velocidade entre as prensas, necessário para o controle da folha. Muitas dessas seções de prensa que existem hoje produzem todos os tipos de papel e cartão. A exceção são as máquinas de Tissue.

Podemos considerar a velocidade-limite para esse tipo de máquina aproximadamente 600 m/min. Originalmente cada prensa era constituída por um rolo superior liso e um rolo inferior feltrado, assim somente o lado superior da folha entrava em contato com o rolo liso.

Mais tarde uma segunda prensa invertida foi utilizada para que a face-tela da folha também tivesse contato com a superfície lisa. A prensa reversa é outro modo de conseguir remoção de água por ambas as faces da folha.

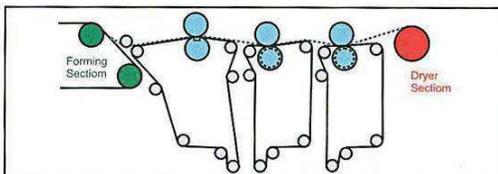


Figura 2 – prensas de passe aberto

Transferência com Pick-Up

Inicialmente a primeira prensa no arranjo do tipo prensa de transferência atendeu somente a função básica de transferência da folha do feltro pick-up para a prensa principal, de onde deriva o seu nome. A eficiência desse arranjo era baixa por causa da transferência de água do feltro pick-up para a folha, resultando em baixa uniformidade.

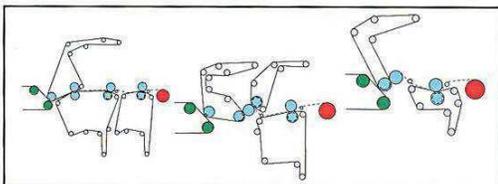


Figura 3 – exemplos de transferência com pick-up

Depois disso a evolução nesse arranjo levou a prensas duplamente feltradas para proporcionar um desaguamento mais eficiente. Máquinas com este novo arranjo estão hoje em operação, produzindo papéis de imprimir em velocidade até 950 m/min.

Outros avanços nos levaram para a eliminação do passe aberto entre as prensas, resultando nas máquinas trinip. Essa configuração é composta por três eficientes nips de prensagem antes da transferência para a seção de secagem.

Um rolo de sucção faz a pega da folha da formação e a transfere para a prensagem por meio de um feltro que serve como suporte da folha.

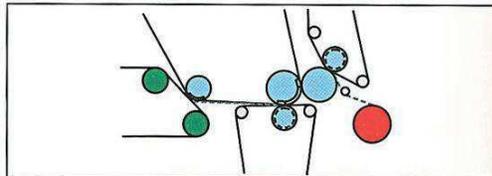


Figura 4 – trinip

Esse arranjo com muitas variações possíveis possibilita a produção de papel sem vão livre entre as prensas, o que favorece também a redução da contração da folha, pois permite operação sem necessidade de uma diferença de velocidade entre as prensas.

Mais recentes, as configurações de prensa sem vão livre transferem a folha desde a formação, passando pela prensagem, até a seção de secagem sem vão livre, proporcionando assim sustentação da folha, maior produtividade, menor tensão na folha e conseqüentemente menor encolhimento transversal.

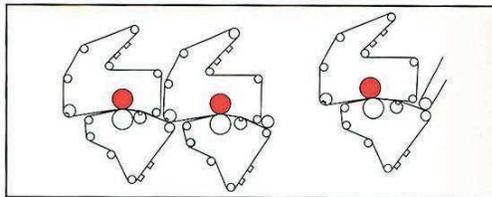


Figura 5 – transferência sem vão livre

Perfil dos Autores

Daniel Justo é formado em Engenharia Química pela UFRGS (Porto Alegre, RS) com especialização em Metodologia do Ensino pela FURB (Blumenau, SC) e MBA em Gestão Empresarial pela FGV (Blumenau, SC). Possui 10 anos de experiência em fabricação de papel e 18 anos em projetos e aplicação de vestimentas pela Albany International com ênfase em papel fino e cartão.

Jorge L. Zimmermann é formado em Engenharia Química pela FURB com MBA em Gestão Empresarial pela FGV e possui 25 anos de experiência em projetos e aplicação de vestimentas para máquina de papel com ênfase em feltros para a seção de prensagem.

Referências Bibliográficas

DAVENPORT, F. L. *Pressing fundamentals*. Albany International Press Fabric Division, EUA, June 1992.

FREITAS, Julio C. *Conceitos básicos de prensagem*. Albany International, março 2000.

WAHLSTROM, P. B. *Our present understanding of the fundamentals of pressing*. Pulp and Paper Magazine, Canadá 70 (10), 1969.
JUSTO, Daniel; ZIMMERMANN, Jorge L. *Atualização em feltros para as exigências de prensagem*. 33º Congresso Anual de Celulose e Papel – ABTCP-TAPPI 2000.