



Evolución del prensado en el papel

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es hacer una breve presentación de los conceptos de prensado y las consideraciones operacionales con sus limitaciones.

Inicialmente presentamos conocimientos básicos de la teoría del prensado, pasando por la evolución de los tipos de prensa. Abordamos la evolución de las configuraciones de la sección de prensado de papeles planos.

Teoría del Prensado

Las diferentes teorías que intentan explicar qué ocurre en el *nip* de prensado se fundamentaron en datos experimentales de máquinas piloto que, por lo general están distanciadas de la realidad. Considerando las mediciones de laboratorio para las máquinas actuales, podemos considerar algunas correlaciones como siendo válidas.

La velocidad con que el agua se mueve desde la hoja hacia el interior del fieltro y todos los mecanismos involucrados en ese movimiento, son sólo interpretaciones de los hechos; sin embargo, pueden haber conflictos entre los diferentes modelos estudiados. Los modelos son perfeccionados a medida que crece nuestro conocimiento sobre ese asunto, una vez que se introducen y estudian más variables haciendo el proceso cada vez más complejo. Sin embargo, hemos conseguido un gran progreso en el entendimiento del desagüe de la hoja durante el prensado y este proceso de búsqueda del conocimiento sigue en desarrollo.

El modelo más utilizado es el Wahlstrom. Introducido a inicios del año 1960 y mejorado gradualmente a lo largo del tiempo, tuvo gran valor para la comprensión de los mecanismos involucrados en los diferentes tipos de *nip*.

El prensado del agua de la hoja se entiende como un proceso mecánico continuo de reducción de volumen. Es la comprensión de la hoja para exprimirle el agua tanto del interior de sus fibras como el de la ubicada entre ellas. Cuanto más se comprime la hoja, más agua se le remueve. El prensado se realiza con la hoja en contacto con uno o más fieltros del *nip* formado entre dos rodillos de presión.

La carga aplicada en la prensa se equilibra mediante las fuerzas contrarias generadas dentro de la hoja y del fieltro. El área debajo de la curva de presión total equivale a la presión lineal. La fuerza aplicada puede ser dividida en dos partes: la presión hidráulica, debido a la resistencia al movimiento del agua hacia afuera de la hoja y del fieltro, y la presión mecánica necesaria para comprimirlos. La

presión total en cualquier punto del *nip* es igual a la suma de estos dos componentes. Para que la comprensión sea mejor, el *nip* se divide en cuatro etapas basadas en la interacción de las presiones hidráulica y mecánica.

Etapa 1

Se comienza la compresión con aire fluyendo hacia afuera de la hoja y del fieltro hasta que se saturan. En esta etapa no ocurre presión hidráulica en la hoja y la alteración de su proporción seca es insignificante.

Etapa 2

La hoja está saturada y el aumento de la presión hidráulica en la hoja hace que el agua se mueva hacia el interior del fieltro. Si en esta etapa también se satura el fieltro, el agua puede moverse hacia afuera de él. Esta etapa continúa hasta el centro del *nip*, donde la presión llega al máximo. Se cree que en muchos casos la presión hidráulica alcanza el máximo un poco antes del centro del *nip*.

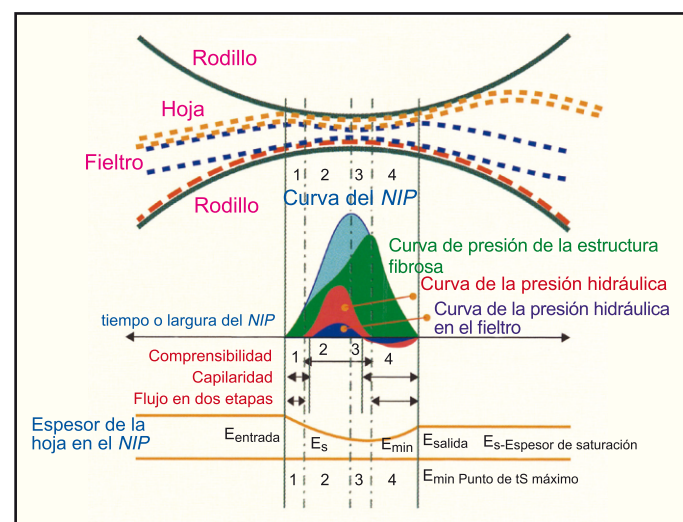


Figura 1: teoría de Wahlstrom

Etapa 3

El *nip* se expande hasta que la presión hidráulica en la hoja llegue a cero. Se cree que en este punto la hoja alcanza su grado más seco.

Etapa 4

Tanto el fieltro como la hoja se expanden y la hoja se vuelve insaturada. Es posible que parte del agua vuelva a la hoja a través de uno o más mecanismos, por ejemplo: absorción capilar, vacío en la hoja y tensión superficial.

La posibilidad de que el agua regrese en la etapa 4 se reconoce como una limitación de la eliminación idealizada del agua. El rehumedecimiento ocurre por distintos mecanismos, por eso a la hoja y al fieltro se los debe separar lo más rápido posible a partir del medio del *nip*. La mayoría de las configuraciones de prensa llevan en consideración este hecho. A veces el fieltro acompaña al rodillo de la prensa, separándose de la hoja, mientras que la hoja se adhiere al rodillo duro y liso en el proceso de filtraje. En las prensas de doble fieltro, los rodillos guía de hoja se utilizan para colocarla exactamente en el medio de los fieltros a la salida del *nip*. Por más complejo que parezca, este modelo puede resumirse en la siguiente fórmula matemática:

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

En la cual RA es la eliminación del agua bajo determinada presión, C es una constante de desagüe, M_{\max} es la cantidad teórica máxima eliminada en el centro del *nip*, y M^* es la cantidad de agua que vuelve a la hoja debido a las ineficiencias del sistema.

Muchas otras variables tendrían que ser introducidas en esta fórmula, pero eso volvería el modelo muy complejo, fuera del interés de este trabajo.

Algunas consideraciones fueron añadidas a esta teoría, separándola en dos tipos de *nip*, con base en el comportamiento de la hoja durante el desagüe. **El *Nip* de presión controlada** se aplica a hojas livianas, con menos de 100 g/m² y con bajo nivel de retención de agua. Estas hojas son relativamente finas y consecuentemente su estructura no ofrece significativa resistencia al flujo de agua. La eliminación del agua se controla exclusivamente a través de la comprensión de la estructura fibrosa y el posterior rehumedecimiento. **El *nip* de flujo controlado** se aplica a las hojas más pesadas y que presentan gran resistencia al flujo de agua, en esas condiciones el tiempo de acción de la presión pasa a ser un factor limitador en el desagüe. El desarrollo de prensas como la de zapata superó esta teoría, a la cual, por la general, se la acepta bien. La temperatura también ejerce influencia importante y viene siendo aplicada en los últimos años. Las pruebas prácticas y las teorías de prensado separan las variables involucradas en el prensado en dos grupos. Las relacionadas a las características de la hoja y las asociadas a las condiciones de operación y configuración de la prensa. No se puede dejar de lado la importancia del tipo de fibra, los aditivos y la consistencia al considerar la eficiencia del prensado.

El Efecto de la Temperatura

La temperatura es una variable que ejerce gran influencia en el desagüe de la hoja. El aumento de la temperatura de la hoja resulta en la reducción de la viscosidad y de la

tensión superficial del agua y al mismo tiempo aumenta la compresibilidad de la hoja. La combinación de estos tres efectos, de modo general, resulta en un desagüe más eficiente. Por eso este concepto viene siendo divulgado para las máquinas de papel y de celulosa, y se les han incorporado regaderas y compartimientos de vapor.

Evolución de las Prensas

Las funciones fundamentales de la prensa es desaguar y consolidar la hoja; las funciones secundarias son aumentar la resistencia de la hoja, aún húmeda, y otras pocas propiedades importantes. La operación de prensado debe ser considerada como una extensión del proceso de remoción del agua que tiene inicio en la sección de formación. La práctica nos muestra una significativa economía cuando se maximiza el desagüe de la hoja en la etapa de prensado comparada con la etapa de secado. Haciendo una estimativa del costo de desagüe relativo, podemos considerar que en la formación es un 10%, en el prensado un 12% y en el secado un 78%, del costo total. Por eso siempre se busca aumentar la eficiencia del prensado, tanto en el desagüe absoluto, como en la uniformidad del perfil transversal. Muchos adelantos en las materias primas, diseño de máquinas y de fieltros ocurren al mismo tiempo, el desarrollo de un área provoca el desarrollo tecnológico en otra. Estudios sobre prensado demostraron que lo más importante en el proyecto de la prensa es conseguir la menor distancia posible para que el agua salga del *nip*. La distancia menor corresponde al espesor del fieltro, lo que normalmente se interpreta como dirección vertical. Las prensas con flujo preferencial vertical son conocidas como prensas de flujo vertical. Esta puede ser considerada una condición ideal.

La Prensa Plana

Originalmente las prensas eran planas (lisas), limitando el flujo de agua, lo que obligatoriamente tenía que ocurrir en la entrada del *nip* con la saturación del fieltro.

Las Prensas de Ventilación

Las prensas de succión

Desarrolladas al inicio del siglo XX, fue el primer paso para el prensado de flujo vertical. Los orificios en un rodillo perforado permiten un camino de escape fácil para el agua. El agua es inducida a alojarse en los orificios de la camisa debido a la acción del vacío a través de una caja estacionaria que queda del lado interno del rodillo. La fuerza centrífuga expulsa el agua a través de los orificios en velocidades superiores a los 300m/min. Cuando la velocidad es menor, el agua se elimina por el propio sistema de succión. La construcción de la camisa perforada limita la presión aplicable, aunque nuevos

materiales se desarrollan para aumentar la resistencia mecánica del rodillo.

La prensa con hendiduras

La prensa con hendiduras fue introducida en 1963. Las hendiduras en el revestimiento del rodillo proporcionan espacios vacíos para el agua eliminada en el *nip*. El agua recorre una distancia de sólo 1,3mm. Este valor es muy inferior cuando se lo compara a la distancia de 5mm en una prensa de succión y de 20mm en una prensa plana. Como el rodillo con hendiduras presenta una estructura sólida, pueden ser aplicadas cargas más grandes. Al agua recogida en las hendiduras se la elimina por la fuerza centrífuga en la salida del *nip*, debido a la elevada velocidad superficial del rodillo. El revestimiento de los rodillos con hendiduras debe ser duro (< 10 P&J) para mantener la integridad de la hendidura. Las hendiduras necesitan mantenimiento a través de rectificaciones periódicas.

La prensa de orificios ciegos

Otra innovación en el proyecto de la prensa vertical son las de orificios ciegos. La gran diferencia con relación al rodillo de succión es que solamente el revestimiento está perforado. Los orificios son menores y el espacio entre ellos también, reduciendo la distancia para el flujo lateral. Los orificios ciegos pueden aplicarse en rodillos con revestimiento menos duro que el de los rodillos con hendiduras porque tienen menos tendencia a cerrarlos, en comparación a las hendiduras, y el área abierta es más grande.

Actualmente existen algunas máquinas que combinan en un mismo rodillo más de un tipo de ventilación. Hay casos en que el rodillo de succión puede tener orificios ciegos o hendiduras. Eso es común en las máquinas de alta velocidad, pues permite un área abierta más grande y disminuye la distancia para el flujo de agua.

Debemos considerar también, sólo como valor histórico, el uso de tela prensa, cuya función es la de proporcionar espacios vacíos adicionales y disminuir la tendencia al sombreado. Éstas fueron reemplazadas por los fieltros más modernos.

Las Prensas de *Nip* Ancho

Rodillos de diámetro grande

Los siguientes dos tipos de prensa fueron introducidos a inicios del año 1980 utilizando el principio del doble fieltro en papeles para empaquetar, con gramaje más elevado. La primera prensa de *nip* ancho emplea dos fieltros de gran diámetro, los dos pueden ser ventilados, con fuerte presión lineal. El principio es aumentar el ancho del *nip* (tiempo de presión aplicada) y reducir la distancia para

el flujo de agua, permitiendo el desagüe de la hoja por ambas caras. Esta fue una de las primeras aplicaciones del concepto práctico de impulso de prensado, introducido por Busker para los tipos de *nip* con flujo controlado.

La prensa de zapata

Otro tipo de prensa fue introducido en los años 80. La prensa de zapata permite un *nip* más largo para que la hoja quede más tiempo bajo presión. Esta prensa proporciona una hoja más seca y resistente gracias a la mejor consolidación de su estructura.

Materiales para el revestimiento de los rodillos

Finalizando la descripción de tipos de prensas, cabe una descripción de los materiales empleados en los revestimientos de los rodillos. Al principio los rodillos de prensa eran cubiertos de caucho natural que fue sustituido por compuestos de neopreno o por estireno con dureza variable. Estos rodillos pueden, o no, ser ventilados. Los rodillos de poliuretano, principalmente para las prensas de hendidura, se vienen popularizando debido a su resiliencia y características de absorción de vibraciones. Son comunes en posiciones para papeles de impresión, con dureza variable según la aplicación. tanto en Europa como en América se han usado rodillos con hendiduras de acero en máquinas de papel para impresión. trabajan contra un rodillo duro, formando un *nip* estrecho y de gran intensidad, *nip* de presión controlada, para proporcionar elevados picos de presión y, así, obtener un desagüe superior. Los rodillos de granito para máquinas de alta velocidad en papeles para impresión fueron muy empleados gracias a sus propiedades de dureza, lisura y facilidad de soltar la hoja. Como no presentan uniformidad natural, se están estudiando sustitutos sintéticos, que incluyen cerámica y acero en su composición. Estos rodillos son extremadamente duros y aplicados en *nip* de presión controlada en papeles para impresión.

Evolución de las Configuraciones de las Prensas

Hasta 1953 todas las transferencias, desde la hoja de formación hasta el prensado, eran de tipo abierto, con la hoja siendo transferida sin estar soportada por el fieltro o el rodillo. La primera aplicación de la transferencia de la hoja con vacío (*pick up* de succión) cambió radicalmente los conceptos en el sector del prensado. Por eso, 1953 también podría ser considerado como uno de esos años clave para el inicio del prensado moderno.

Prensa con paso abierto

El paso abierto puede ser definido como un área en la cual la hoja no queda sostenida y también donde hay un diferencial de velocidad entre las prensas, necesario para el control

de la hoja. Hoy hay muchas de esas secciones de prensa produciendo todo tipo de papel y cartón. Las máquinas de *Tissue* son la única excepción. Podemos considerar que la velocidad límite para este tipo de máquina es de aproximadamente 600 m/min. Originalmente cada prensa estaba constituida por un rodillo superior liso y uno inferior con fieltro, de esa forma sólo la cara superior de la hoja entraba en contacto con el rodillo liso.

Más adelante fue utilizada una segunda prensa invertida para que la otra carilla también tuviese contacto con la superficie lisa. La prensa reversa es otra forma de conseguir la remoción de agua por ambas carillas de la hoja.

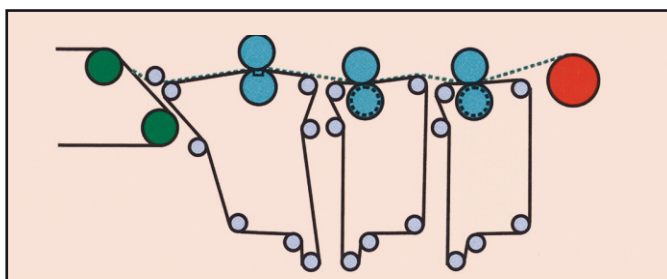


Figura 2: Prensas de paso abierto

Transferencia con *pick up*

Al principio, la primera disposición de la prensa de transferencia atendió solamente a la función básica de transferir la hoja desde el fieltro *pick up* hacia la prensa principal, del cual se origina su nombre. La eficiencia de esta disposición era baja porque también se transfería el agua del fieltro *pick up* a la hoja, resultando en baja uniformidad.

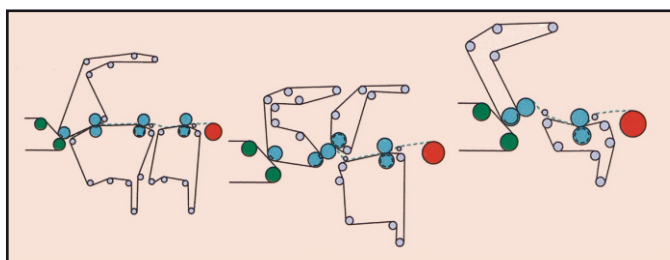


Figura 3: Ejemplos de transferencia con *pick up*

Después, la evolución de esa disposición llevó a prensas con doble fieltro, permitiendo un desagüe más eficiente. Actualmente operan máquinas con esa nueva disposición y producen papeles de impresión con una velocidad de hasta 950 m/min.

Otros avances nos llevaron a la eliminación del paso abierto entre las prensas, resultando en las máquinas *trinip*. Esta configuración está compuesta por tres eficientes nip de prensado anterior a la transferencia a la sección de secado. Un fieltro sirve como soporte de la hoja y un rodillo de succión la transfiere para el prensado.

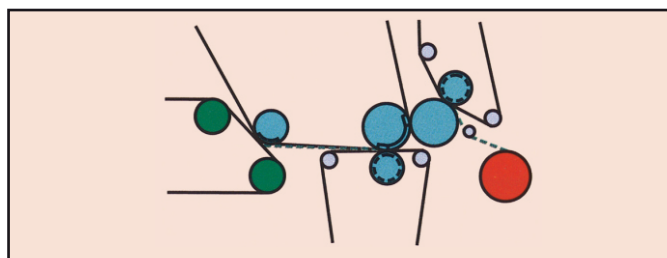


Figura 4: *Trinip*

Esta disposición acepta muchas variaciones y permite la producción de papel sin vano libre entre las prensas, lo cual favorece a que la contracción de la hoja sea menor, una vez que permite la operación sin necesidad de cambiar la velocidad entre las prensas.

Recientes configuraciones de prensas sin vano libre transfieren la hoja desde la formación pasando por el prensado hasta la sección de secado sin vano libre, proporcionándole soporte, mayor productividad y menor tensión en la hoja, como consecuencia el encogimiento transversal es menor.

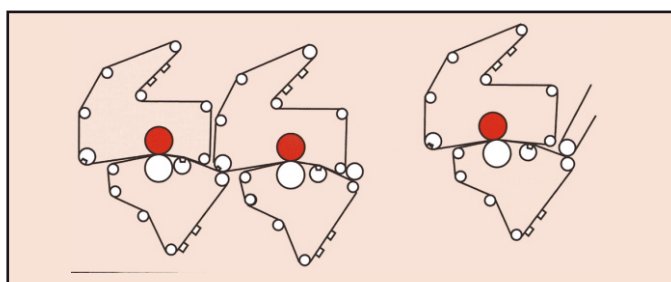


Figura 5: transferencia sin espacio libre

Perfil de los autores

Daniel Justo es graduado en Ingeniería Química por la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS - Porto Alegre, RS) con Especialización en Metodología de Enseñanza por la Fundación Universidad Regional de Blumenau (FURB - Blumenau, SC) y MBA en Gestión Empresarial por la Fundación Getúlio Vargas (FGV - Blumenau, SC). tiene 10 años de experiencia en la fabricación del papel y 21 años en proyectos y aplicación de vestimentas por Albany International, con énfasis en papel fino y cartón.

Jorge L. Zimmermann es graduado en Ingeniería Química por la Fundación Universidad Regional de Blumenau (FURB - Blumenau, SC) con MBA en Gestión Empresarial por la Fundación Getúlio Vargas (FGV - Blumenau, SC). tiene 28 años de experiencia en proyectos y aplicación de vestimentas para máquinas de papel, con énfasis en celulosa, papel kraft, papel periódico y cartón.

BIBLIOGRAFÍA

- 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, Canada 70 (10), 1969.
 JUSTO, Daniel e ZIMMERMANN, Jorge L.– Atualização em Feltros Para as exigências de Prensagem 33º Congresso Anual de Celulose e Papel – ABTCP-IAPPI 2000.