



Sistema de vacío en la sección de formación

1. Introducción

La sección de formación de una máquina de papel retira aproximadamente el 95% del agua contenida en la mezcla que sale de la caja de entrada. Esta remoción debe hacerse de una forma gradual, para minimizar la pérdida de sólidos, mantener buena eficiencia de operación y drenaje, obtener una hoja con características de calidad dentro de los parámetros requeridos y entregar la hoja a la sección de prensado con el mayor contenido de sólidos posible.

Gran parte del agua se retira en forma natural, pero para que se obtenga una hoja con el contenido seco necesario para la sección de formación, es esencial la utilización de un sistema de vacío compuesto por tuberías, separadores, varios tipos de elementos de drenaje y generadores de vacío.

Las bombas de vacío consumen alrededor del 17% del total de la energía eléctrica utilizada en una máquina de papel, ya que cerca de un tercio se la consume en la sección de formación. El sistema de vacío es muy importante en el complejo que llamamos "Máquina de Papel", por eso es de máxima importancia proyectar y operar este sistema para obtener el máximo de su eficiencia con una correcta utilización.

Incluso considerando lo relativo al alto consumo de energía eléctrica por las bombas de vacío, es mucho más económico remover el agua de la hoja en la sección de formación, siendo interesante, por lo tanto fundamental hacer la mayor remoción posible de agua en esta sección de la máquina.

Este artículo tiene como objetivo explicar en forma general los elementos que componen el sistema de vacío, con ejemplos de dimensionamiento y teniendo como parámetro las secciones de formación del tipo "Fourdrinier". Se puede hacer equivalencia de los elementos citados aquí con otros elementos utilizados en otros tipos de formadores.

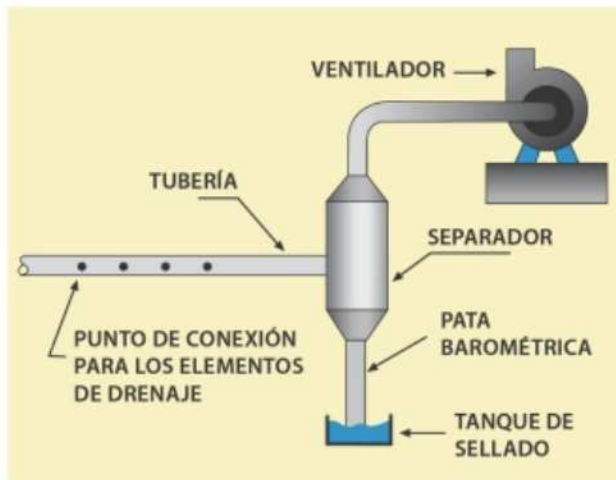
2. Generadores de vacío

Dentro de este universo tenemos diversos elementos generadores de vacío. A continuación se realiza la descripción de los más utilizados en máquinas de papel:

2.1 Ventiladores:

Son equipos que mueven grandes volúmenes de aire con bajos niveles de vacío, operan con bajo consumo de energía y tienen bajo costo de adquisición.

Generan como máximo 1,5 mca y son empleados en los primeros elementos de la mesa de formación (cajas de bajo vacío y *vacuum foils*). Necesitan también un buen sistema de separación para no perjudicar la operación del equipo aspirante.

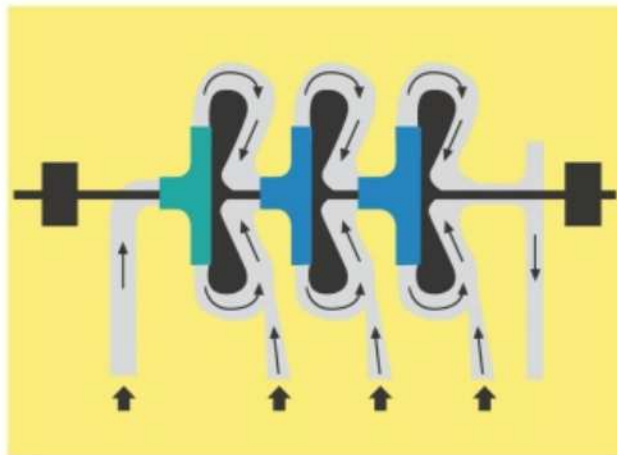


2.2 Extractor centrífugo

El extractor centrífugo está compuesto por diversos rotores operando con relativa alta rotación. Tiene el mismo principio de funcionamiento de las bombas centrífugas, pero, trabajan con aire en lugar de agua. Es una unidad que opera con flujo variable y nivel constante de vacío, independiente de los niveles de resistencia al flujo. Este equipo tiene como característica una dificultad de control entre elementos que deben operar con diferentes niveles de vacío. En unidades con múltiples estados es posible tener más de una toma con niveles diferentes de vacío.

Han sido utilizados antes en máquinas con pocos cambios en los tipos de papeles producidos y menores exigencias en cuanto a las eficiencias en el sistema de vacío. Tiene como ventaja la economía de energía, si se considera que un equipo podría sustituir varias bombas de vacío en una máquina de papel.

EXTRACTOR CENTRÍFUGO DE MÚLTIPLES FASES



2.3 Bombas de anillo líquido

Son las más utilizadas y preferidas en el mercado de celulosa y papel. Ellas operan con un volumen constante y el nivel de vacío se ajusta por la resistencia al flujo generado por los elementos y/o válvulas. Bombas de vacío de anillo líquido operan con agua en la cámara de bombeo, que con el movimiento de rotación del rotor y con la acción de la fuerza centrífuga, el líquido de sellado toma la forma de un anillo, semejante al formado de la superficie interna del cuerpo. El anillo líquido es responsable por el proceso de aspiración y de compresión de los gases o vapores, actuando como un pistón líquido moviéndose dentro de las células celdas formadas por pares de paletas consecutivas del rotor. Las paletas fijas del rotor forman cámaras que los gases y vapores aspirados llenan, y posteriormente se los comprime después que el líquido de sello ocupa estas cámaras debido a la excentricidad del montaje y la acción de la fuerza centrífuga generada por la rotación del conjunto eje/rotor. El líquido de sellado es continuamente repuesto y descargado por la puerta de descarga en conjunto con los gases o vapores después del proceso de compresión.

Una importante característica de este tipo de bomba es que tiene una ganancia extra de eficiencia a través de la condensación interna, generada por el contacto del vapor (aire caliente) aspirado de la máquina de papel con el agua fresca utilizada en el sellado del sistema.



2.3.1 Agua de sellado

Es el agua utilizada para sellar las aberturas entre el rotor y el cabezal de mando, además de remover las fibras arrastradas en la aspiración. Para un buen funcionamiento de la bomba, es necesaria una buena conservación de las empaquetaduras.

El circuito del sistema de agua de sellado de la bomba puede ser abierto, cerrado (con bombeo, filtrado, control químico, refrigeración y reposición) o en cascada (desde las bombas de alto vacío a bombas aplicadas en bajo vacío).

Es importante resaltar que esta agua debe ser fresca, con pH neutro, sin partículas abrasivas, y su temperatura no debe exceder los 30°C, pues cuanto mayor es este valor, mayor será la presión que los vapores ejercerán en la cámara, disminuyendo el espacio destinado al aire. Por lo tanto, cuanto menor sea su temperatura, mayor será la eficiencia de la bomba.

3. Elementos de drenaje con vacío en la sección de formación

3.1 Cajas de bajo vacío

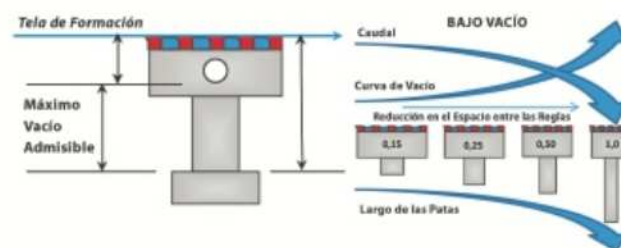
Son cajas localizadas al inicio de la sección de formación, generalmente después de los elementos llamados "Hidro Foils", que promueven el drenaje a través de vacío generado únicamente por la inclinación de las láminas.

Las cajas de bajo vacío pueden ser del tipo "Vacuum Foil" y normalmente tienen piernas barométricas, las cuales generan vacío naturalmente, necesitando una sola fuente como auxiliar, generalmente ventiladores que tienen alto caudal y baja diferencia de presión. Es común operar con niveles de vacío abajo de 1,0 mca y actúan para controlar el drenaje en hojas con consistencias superiores al 1,0%.

Estos tipos de cajas pueden tener diferentes características, con más de una zona de succión, láminas con y/o sin ángulos, alturas diferentes entre láminas, entre otros, siempre buscando mejorar la eficiencia de drenaje o aumentar la actividad en la mesa para mejor formación de la hoja.

En máquinas con más de una "Vacuum Foil", los niveles de vacío deben ser escalonados en una forma creciente, con piernas barométricas de sellado también con alturas de forma creciente, pudiendo así elevar el valor de consistencia de la hoja a valores próximos al 10%, dependiendo de varios factores, como el tipo de papel, la materia prima o la configuración de la mesa de formación.

El siguiente esquema muestra el nivel máximo de vacío aplicable en una caja de vacío, y un ejemplo de un buen esquema de bajo vacío mostrando cuatro elementos de drenaje con las tendencias de las curvas de niveles de vacío, caudales de remoción, tamaños de las piernas barométricas y espacios entre reglas:



3.2 Cajas de succión

Sus coberturas pueden ser de agujeros cilíndricos o ranuras, fabricadas en polietileno de alta densidad o en cerámica de varias composiciones, como óxido de aluminio o carbonato de silicio, dependiendo del grado de calidad deseada. Para una operación con mejor eficiencia de esta sección, se sugiere que el nivel de vacío aumente gradualmente de la parte más húmeda a la parte más seca de la mesa plana, de la misma forma que los anchos de las ranuras deben disminuir gradualmente a medida que se avanza en dirección al final de la mesa de formación.

A continuación se expone una experiencia realizada en cajas de alto vacío, donde se obtienen diferentes contenidos secos para diferentes curvas de vacío aplicado, y un esquema con tendencias ideales de niveles de vacío, anchos de ranuras y contenidos secos de la hoja.

NÍVEL DE VACÍO VS CONTENIDO SECO

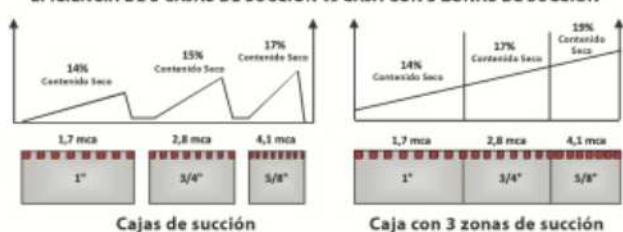
Nivel de Vacío (mca)				Contenido Seco (%)	
Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 4	A. Couch	D. Couch
1,31	1,59	2,31	2,9	14,9	17,3
0,48	1,06	2,49	3,45	14,7	19
0,52	1,8	2,94	3,94	18	20,4
1,04	1,06	2,42	3,66	16,4	19,6
0,48	1,66	2,83	3,59	16,9	20,2

Experiencia con papel 101g/m² @ 726 m/min (editada por TAPPI)

Con el objetivo de mejorar la eficiencia de drenaje, estas cajas pueden tener dos o tres zonas de succión, donde la hoja pasa de una zona de vacío a la próxima sin perder la presión provocada por la primera, ganando de esta forma eficiencia para un mismo nivel de vacío aplicado.

Abajo se muestra un ejemplo comparando eficiencias en cuanto a los contenidos secos de la hoja entre 3 cajas de succión separadas y una caja con 3 zonas de succión con los mismos niveles de vacío aplicados y anchos de ranuras.

EFICIENCIA DE 3 CAJAS DE SUCCIÓN vs CAJA CON 3 ZONAS DE SUCCIÓN



3.3 Rodillo de succión de la tela - rodillo couch

Este elemento está compuesto por una camisa metálica perforada, que puede ser revestida, y una caja interna de succión con una o dos zonas de vacío. La condición ideal es que para este elemento, exista una bomba de vacío de uso exclusivo, pues, cuanto mayor el nivel de vacío aplicado, mayor será la eficiencia del mismo. Además, es el elemento que opera con mayores niveles de vacío en la sección de formación. La ventaja de este elemento es la posibilidad de aplicar altos niveles de vacío sin provocar desgaste en la tela formadora. Por otro lado, este elemento tiene como dificultad principal la pérdida de energía utilizada para remover el aire y el agua (adicionada por la duchas de lubricación interna y de limpieza) de los orificios de la camisa del rodillo, para entonces comenzar a remover el agua de la hoja.

También existe consumo de energía para vencer la fuerza centrífuga, que aumenta a medida que aumenta la velocidad. Otro cuidado que se debe tener es con el re-humedecimiento de la hoja, provocado por el retorno del agua a la hoja a través de un filme que se forma sobre la superficie del rodillo, que puede ser reducido con la instalación de uno o dos raspadores.

Utilizado en conjunto con el rodillo *Lumpbreaker* (con diámetro y

dureza adecuada) puede aumentar considerablemente la eficiencia de drenaje, con ganancias de hasta el 4,0% en el contenido seco de la hoja.

Rodillo Succión con película de agua en el retorno



Rodillo Solución con doble raspa



4. Dimensionamiento

Para un buen y correcto dimensionamiento del sistema de vacío, se debe tomar en consideración algunos prerequisites básicos como:

- Materia prima;
- Tipo de papel y gramaje;
- Velocidad y ancho de la máquina;
- Configuración de la máquina.

El dimensionamiento de las necesidades de caudales y niveles de vacío de dos elementos de drenaje, se puede realizar utilizando factores empíricos, que son caudales por unidad de área donde se aplicará el vacío.

La capacidad de vacío instalada debe ser conforme la necesidad, considerando que buenos sistemas de vacío operan con eficiencias entre el 85 y el 90%. Es importante no olvidar una regla: zonas de bajo vacío deben ser independientes de las zonas de alto vacío, para evitar pérdidas en la eficiencia de las bombas.

TAPPI tiene una norma que orienta el dimensionamiento del sistema de vacío, no es una regla general, pudiendo variar conforme los tipos de papeles, configuraciones de máquinas y materias primas. Los niveles de vacío recomendados en la norma son los valores máximos e para una mejor eficiencia de drenaje se debe operar con los niveles de vacío aumentando gradualmente.

A continuación se muestran ejemplos para los dos casos de dimensionamiento de elementos de drenaje en cuanto a los niveles de vacío y caudales de aire, utilizando los valores de la tabla de TAPPI (TIP 0502-01 - Revisión 2002).

PAPEL DE IMPRIMIR Y ESCRIBIR - hasta 900 m/min			
Elemento	Nº de Elemento	Factor	Nivel de Vacío
Bajo Vacío	4	1,5 CFM/in de ancho	26"Hg
Bajo Vacío	2	3,5 CFM/in de ancho	38"Hg
Alto Vacío	2	4 CFM/in de ancho	10"Hg
Alto Vacío	3	11 CFM/in de ancho	10"Hg
Rodillo Succión	1ª zona	3 CFM/in² de área	10"Hg
Rodillo Succión	2ª zona	8,5 CFM/in² de área	20"Hg

PAPEL KRAFT - hasta 750 m/min			
Elemento	Nº de Elemento	Factor	Nivel de Vacío
Bajo Vacío	3	1,5 CFM/in de ancho	38"Hg
Bajo Vacío	2	1,5 CFM/in de ancho	38"Hg
Bajo Vacío	1	3,5 CFM/in de ancho	54"Hg
Alto Vacío	2	22 CFM/in de ancho	10"Hg
Alto Vacío	4	42 CFM/in de ancho	15"Hg
Rodillo Succión	1ª zona	7 CFM/in² de área	20"Hg

5. Tubería del sistema de vacío

El diámetro nominal de las tomas de las bombas no determina el diámetro de las respectivas tuberías, sin embargo vale resaltar que las tuberías nunca podrán tener diámetro menor que sus respectivas tomas.

Para dimensionar correctamente las líneas de vacío, se debe tener como objetivo minimizar las pérdidas de cargas entre el elemento de drenaje y la fuente de vacío. Para esto, se debe escoger el diámetro ideal, reducir las distancias y reducir los números de curvas y válvulas (que aumentan la pérdida de carga en cuanto mayor fuera la diferencia de presión que está controlando).

El diámetro de la tubería depende del flujo previsto. Este diámetro se debe escoger para que se pueda estimar velocidad de aire seco en alrededor de 1670 m/min o para mezcla de aire con agua en alrededor de 910 m/min.

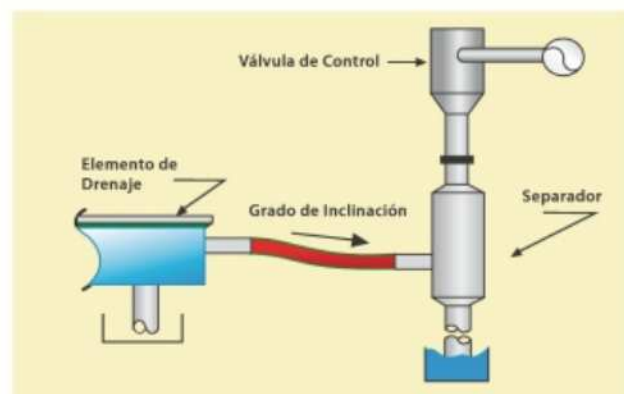
La longitud de la tubería entre el elemento y el tanque de sellado debe ser como mínimo correspondiente al nivel de vacío dimensionado. Por ejemplo: para cada 1 mca de vacío en el elemento, es necesario como mínimo, 1mt de desnivel hasta el tanque.

6. Separadores

Los separadores son tanques destinados a separar medios líquidos y gaseosos a través de la gravedad. En su mayoría, son verticales en los cuales la descarga de agua se procesa por una columna barométrica, sumergida en un tanque de sellado.

Un separador se hace necesario cuando el volumen de agua excede la capacidad que la bomba tiene para absorber, cuando se planea recircular el agua de sellado en un circuito cerrado y cuando una tubería presenta una ascensión, evitando así acumulaciones. Vale mencionar que las cajas de succión necesitan de separadores individuales.

Naturalmente, la separación barométrica requiere altura (desnivel) entre los separadores y el tanque de sellado de las columnas.



7. Posibles problemas en el sistema:

PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS
Bomba no produce vacío	Bomba de vacío con rotación invertida
	Bajo flujo y/o alta temperatura de agua de sellado
	Succión cerrada
Vacío insuficiente	Salida presurizada
	Flujo y/o temperatura del agua de sellado fuera de los parámetros
	Flujo de agua de servicio fuera de los parámetros
	Rotación baja de la bomba
	Entrada de aire falso en la bomba (empaquetadura)
	Líneas de succión obstruidas o con entrada de aire falso
	Problemas en el separador
Motor de la bomba de vacío con alto amperaje	Dimensionamiento incorrecto
	Vacío superior al recomendado
	Alto flujo y/o elevada temperatura del agua de sellado
	Salida presurizada
	Rotación elevada de la bomba

8. Conclusión:

Debido a los factores ambientales y económicos, cada día se vuelve más importante que los sistemas y equipos operen con eficiencia máxima en cuanto al consumo de energía. Si consideramos que el sistema de vacío es un importante consumidor de energía eléctrica, y que influye significativamente en el consumo de energía térmica en forma de vapor en la sección de secado, es esencial un sistema operando con el máximo rendimiento. Para esto, se deben tomar cuidados especiales desde el proyecto, dimensionando el vacío necesario para optimizar el drenaje y la formación de la hoja, operar correctamente el sistema aplicando curvas de vacío apropiadas y mantener el sistema todo en buenas condiciones, con programas adecuados de mantenimiento. ●

Referencias:

- TAPPI NOTES - "Wet End Operation Seminar"
 Ferme, Agnaldo - "Sistema de Vácuo para Máquina de Papel"
 Silva, Wilson - "Sistema de Vácuo na Indústria do Papel"

Perfil del autor:

Cesar de Araujo Góss Filho, diplomado en Ingeniería Mecánica por la UFSC, con curso de especialización en Celulosa y Papel por el IPT, Postgrado en Marketing por la FURB/INPG. Inició sus actividades en 1979 en Klabin do Paraná en el área de Producción y en 1984 inició en PISA, donde participó del start-up de la Máquina de Papel. En Albany inició el 1984 como Ingeniero de Servicios en el área de Prensado y actualmente ejerce la función de Coordinador de Productos - Telas Formadoras.

Gustavo André Leitis es diplomado en Ingeniería Mecánica por la Universidad Estatal de Santa Catarina (UDESC - Joinville/SC).

Inició sus actividades en 2004 en Albany International como Trainee y actualmente ejerce la función de Ingeniero de Servicios en el área de Formación.