

SECADO DE MADERA POR VACIO

Basado en el estudio n.º 281 del Centro Técnico de la Madera, de París

Este sistema de secado, conocido y descrito desde hace mucho tiempo, ha sido experimentado en numerosos centros de investigación; sin embargo, no se había dado el paso definitivo en cuanto a su implantación industrial, posiblemente por estar mucho mejor establecidas las bases de secado en cámara con aire caliente. La utilización con éxito de los secaderos de condensación hizo que se siguiera el camino de la sustitución del secado tradicional por otros, tratando de conseguir un ahorro de tiempo, de energía o de ambas cosas a la vez.

Cualquiera que sea el sistema empleado tienen que contemplarse dos fenómenos: el movimiento del agua contenida en la madera hacia el exterior y su evaporación de la superficie de la pieza. La evaporación superficial no es difícil de conseguir suministrando unas condiciones adecuadas de temperatura y humedad del aire, así como estableciendo una ventilación suficiente.

La circulación interior de agua en la madera es más difícil de regular e incluso de comprender. Por una parte tenemos el movimiento continuo desde las zonas calientes a las frías (efecto pared fría) y de las húmedas a las más secas, mediante un fenómeno de difusión. Según este modelo, hay que conseguir una elevación de temperatura en el interior de la madera con respecto a su capa exterior.

Las acciones para conseguir un secado acelerado choca con el peligro de la formación en la madera de fendas, colapso, alabeos, etcétera; por lo que debe forzarse la circulación y evaporación del agua de una forma controlada.

En los secaderos tradicionales, la superficie de la madera recibe calor, por lo que el gradiente de temperatura es contrario al que nos interesa para el secado. Para compensar este efecto, puede disminuirse la presión, naciendo de este concepto el secado mediante vacío. Otro efecto del vacío es favorecer la evaporación del agua superficial, con lo que se acelera todavía más el proceso de secado.

Dentro de estos principios generales, hay dos sistemas industriales, uno continuo y otro discontinuo. En ambos casos el efecto de secado puede ser muy enérgico, con el consiguiente peligro de degradación de la madera.

El secado de vacío discontinuo somete a la madera a ciclos de calor a la presión atmosférica y a ciclos de secado por vacío. El período de calefacción tiene por objeto elevar la temperatura de la madera, pero sin secalarla. Los períodos de vacío evaporan el agua superficial y al sufrir un enfriamiento el aire de la cámara, crean el gradiente adecuado en el interior de la madera y de esta forma hay un nuevo aporte de agua en el exterior, para proseguir el proceso de secado.

El sistema de secado por vacío en continuo consiste en colocar la madera continuamente a una presión inferior a la atmosférica, lo que hace que el secado se realice sin interrupción, aunque el gradiente favorable de temperatura no se produzca en este sistema.

Dentro de estos tipos de secado pueden presentarse numerosas variaciones, habiendo estudiado el Centro Técnico de la Madera de París cinco casos distintos, realizando las operaciones a escala se-

miustrial, lo que permite sacar conclusiones válidas sobre las posibilidades del secado por vacío.

Primeramente se estudió un secado por vacío en sistema discontinuo, estando la instalación colocada en el exterior y sin recuperación de energía. La capacidad del secadero es de 4 m³ para tablón de 50 mm de espesor. La constitución física del secadero es la siguiente: a) capa aislante de 4 cm de espesor; b) cámara de agua caliente para conseguir la elevación de temperatura en la madera; c) espacio libre para la circulación de aire en el interior de la cámara propiamente dicha, de forma que se asegure una distribución homogénea en el interior de la pila; d) cuatro ventiladores de 370 W cada uno; e) bomba de circulación de agua de calefacción; f) bomba de vacío de aceite, de 5,5 Kw.

Las fases de calefacción de la madera pueden realizarse de varias formas:

Calefacción por aire seco; o sea, aire del exterior que se calienta sin añadir agua.

Calefacción por aire húmedo, introduciendo en la cámara aire caliente y vapor.

Calefacción introduciendo únicamente vapor.

En la fase de vacío se hace descender la presión hasta 10 cm. de Hg. al comienzo de la operación y a 3 cm. de Hg. cuando se aproxima la última fase del secado. En esta operación no funcionan los ventiladores de circulación interior. La regulación de entrada de aire y vapor del exterior se realiza de forma automática o semiautomática mediante presostatos con límites máximo y mínimo prefija-

dos. La temperatura se regula de forma similar con la ayuda de un termostato que controla la entrada de agua o aire caliente en la cámara de calefacción.

El final de la operación de elevación de la temperatura puede hacerse mediante un mecanismo de relojería, de forma que la madera tenga tiempo de alcanzar en su centro la temperatura prevista. Mejor sistema, aunque más complicado es el introducir un termostato en el centro de un testigo colocado en el centro de la pila.

El tiempo de duración de cada ciclo de vacío se regula mediante un mecanismo de relojería, habiéndose estudiado previamente la duración más adecuada a cada caso.

Para el estudio comparativo del secado por vacío en las distintas formas posibles se colocan testigos repartidos en el volumen de la cámara, comprobándose el contenido de humedad durante el secado mediante desecación en estufa de pequeñas piezas de madera de cada testigo y realizando posteriores paradas de todos ellos.

La calidad final del secado se comprobó por inspección visual y midiendo la humedad de cinco laminillas que se sacaron del grueso de las piezas, de forma que se pudiera conocer la distribución de humedad en el interior de la madera al terminar el secado.

RESULTADOS OBTENIDOS

1.º Secado en vacío discontinuo, en secadero sin recuperación de calor.

a) Duración

El secado mediante aire caliente hubiera durado entre 2 y 2,5 veces más tiempo de lo que fue necesario por vacío, para pasar del estado verde al 10 ó 15 %.

En el caso de partir del 30 % de humedad, el secado clásico hubiese sido de 2,5 a 3,5 veces más largo que en cámara de vacío.

b) Calidad.

La degradación por fendas no fue superior a la que se hubiera

producido en el caso de secado por aire caliente. La dispersión de humedad dentro de la pila fue pequeña en algunos ensayos, pero excesivamente grande en otros. En el conjunto de los cinco ensayos, la dispersión encontrada era similar a la obtenida con el secado tradicional.

En cuanto a la dispersión de humedad en el interior de la pieza, fue también muy variable, siendo generalmente necesario el acondicionamiento posterior, que puede hacerse inyectando vapor en la cámara a la presión atmosférica.

c) Consumo energético.

En los ensayos en que el secadero estaba colocado en el exterior y con las conducciones sin calorificar, el consumo se elevó a 2.500 Kcal/Kg. de agua. Al colocar el secadero en un local cerrado, el consumo disminuyó a 2.000 Kcal/Kg. de agua. Estos consumos son casi el doble que los necesarios en un secadero convencional.

2.º Sistema de secado colocado en un local cerrado y con recuperación de energía.

Esta instalación consiste en dos secaderos discontinuos iguales al descrito anteriormente, de forma que pueda aprovecharse la energía que se saca al exterior en la fase de vacío y de esta forma, calentar la carga de madera del otro secadero. Esto se repite de forma alternativa de uno a otro cilindro y en cada ciclo.

Como complemento de este aprovechamiento energético, se aíslan con fibra de vidrio todas las tuberías que conducían gases o líquidos calientes, así como el exterior de las cámaras. La bomba de vacío era de 5,5 Kw. y la potencia de calefacción de 58 Kw. (50.000 Kcal/hora). El generador de calor tenía una potencia de 128 Kw. (110.000 Kcal/hora).

El sistema de recuperación de energía, como hemos dicho, consiste en utilizar aire caliente que se extrae de una de las cámaras para calentar la madera contenida en la otra. Esto se hace en una primera fase, uniéndose directamente ambas cámaras, estableciendo el

intercambio hasta que se igualan sus presiones. E una segunda fase se utiliza un intercambiador de calor para calentar el fluido que se introduce en la doble pared del calentamiento. En resumen, que el ahorro de energía se produce de dos formas: por calefacción directa al unir ambas cámaras y por calentamiento indirecto al elevar la temperatura de fluido de calefacción de la cámara.

La regulación de los ciclos de calentamiento y vacío se hacen de forma similar a los descritos para una sola cámara, aunque en este caso ambos ciclos deben de ser de igual duración para permitir el trabajo en paralelo de las cámaras.

Según estas características, se efectuó un secado de madera de haya de 85 mm. de grueso, obteniéndose los siguientes resultados:

La madera no sufrió ningún tipo de degradación, aunque la dispersión de humedad en la pila fue excesivamente elevada (la humedad varió entre el 6 % y el 12 % para veinte muestras comprobadas).

En cuanto al consumo calorífico, descendió apreciablemente con respecto a la utilización de una sola cámara, de forma que el sistema se vuelve aceptable desde un punto de vista económico. En este caso, el consumo quedó por debajo del normal en un secadero convencional, pudiendo decirse que en este último, el consumo energético es 1,5 veces mayor que en el secado por vacío discontinuo con recuperación de calor.

El secado es muy rápido, siendo la diferencia en el tradicional mayor al bajar la humedad. Desde el estado verde al 30 % es 2,5 veces mayor el tiempo de secado mediante aire caliente, llegando a ser cuatro veces mayor en el intervalo comprendido entre el 30 por 100 y el 9 %.

SECADO POR VACIO EN CONTINUO

El sistema empleado en las experiencias que describimos, consiste en una cámara cilíndrica, con

una capacidad entre 4 y 8 m³. En la pila cada tongada de madera se coloca entre dos placas de aluminio de 16 mm. perforadas y por las que circula agua caliente para calentamiento. En el exterior de la pila, pero dentro del cilindro, se encuentran dos placas verticales por las que circula agua fría, de forma que en su superficie se condense el vapor de agua que se ha extraído de la madera.

La regulación de las variables del secado se hace de la siguiente forma:

Depresión del aire en el interior de la cámara: se limita con un presostato, con índices de presión máximo y mínimo. Al no existir ciclos de depresión, la bomba de vacío funciona durante cortos períodos de tiempo.

Control del secado propiamente dicho: se realiza con la ayuda de higrómetros electrónicos colocados en el interior de testigos seleccionados. De esta forma a cada humedad de la madera se hace corresponder una temperatura del agua de calefacción de las placas en contacto con la madera y del agua de refrigeración que circula por las placas de condensación. Estos valores de temperatura de fluido calefactor y refrigerante se controlan mediante termostatos, que pueden estar programados en función de la humedad de los testigos.

Los resultados de los ensayos de secado en cámara de vacío continuo fueron los siguientes:

La calidad del secado fue inferior a la conseguida en el discontinuo, presentándose una tendencia a la oposición de deformaciones, aunque en conjunto pudo calificarse la madera como de calidad.

La dispersión de humedad también fue grande, tanto entre piezas como dentro de cada madera. Se observó una pequeña cementación superficial, que posiblemente fue causada por un secado llevado de una forma excesivamente brusca. Las maderas difíciles de secar, como el roble, no pueden ser tratadas adecuadamente por

este sistema, al menos cuando la humedad inicial es elevada.

El secado por este procedimiento es de 2,5 a 4,5 veces más rápido que el clásico por aire caliente, secando desde el estado verde al 10 %

El consumo energético quedó comprendido entre 1.300 Kcal/Kg. agua y 2.000 Kcal/Kg. agua.

CONCLUSIONES

Aunque los distintos sistemas de secado por vacío presentan características muy distintas, pueden encontrarse combinaciones que sean económicamente interesantes desde un punto de vista industrial. Como resumen podemos resaltar los siguientes aspectos:

1. Duración del secado.

Si efectuamos la comparación entre los dos tipos de secado de vacío, encontramos que el tiempo de tratamiento es similar. Las diferencias, por el contrario, son muy importantes con respecto al secado tradicional; el secado de frondosas desde el estado verde al 10 % es de 2 a 4 veces más corto por vacío. Aunque no se han realizado estudios concluyentes con resinosas, las pruebas de las que se tienen datos permiten adelantar que el resultado será también favorable para los secaderos de vacío; se estima que el secado tradicional en cámara tarda 2 a 3 veces más para resinosas en tablonas gruesas y aproximadamente 1,5 veces para madera delgada.

2. Calidad del secado.

En las maderas que previamente hayan sufrido un presecado, se consigue una calidad similar al secado en cámara por aire caliente. Por el contrario, si se empieza el proceso con la madera muy húmeda y se usa el secadero continuo, la dispersión final de la humedad es excesivamente grande para las exigencias de la industria transformadora.

En el secado discontinuo no se presenta este problema, permitiendo obtener una calidad de secado similar al de cámara con aire caliente, independientemente de la humedad inicial de la madera,

con excepción del roble, eucalipto y otras maderas «difíciles».

3. Consumo energético.

La comparación la efectuamos también con el secadero tradicional en cámara, encontrándose en todos los ensayos realizados, que en el secado por vacío sin recuperación de calor el consumo es superior, alcanzándose porcentajes de incremento del 50 % para el sistema discontinuo.

Con dos cilindros de vacío para conseguir el secado discontinuo con recuperación de calor, puede lograrse un ahorro del 30 % sobre el secado tradicional.

4. Campo de aplicación.

El secado de resinosas de gruesos pequeños o medianos no parece adecuado realizarlo, mediante vacío, puesto que el ahorro en tiempo no compensa la diferencia en inversión entre los dos sistemas. Hay que destacar que para una misma capacidad de carga de madera, el secadero de vacío es unas tres veces más costoso que el tradicional, aunque si tenemos en cuenta el menor tiempo necesario para el secado con el sistema de vacío, esta diferencia se compensa parcialmente.

Para el secado de frondosas gruesas es interesante el secado de vacío en instalaciones de gran capacidad (entre 20 y 40 m³), pues se combinan favorablemente los costos de explotación y amortización de la instalación. Esto es especialmente cierto cuando por razones de producción no puedan hacerse previsiones de necesidades de consumo; en este caso la rapidez de secado permite adoptarse a variaciones rápidas de demanda de madera seca.

Otra utilización interesante del secado por vacío es como complemento de otros sistemas de secado, especialmente del tipo de condensación que tiene un campo de empleo óptimo para humedades superiores al 15 %. Con esta combinación se realiza un secado hasta el 20 ó 30 % con el secadero de condensación y se termina el el tratamiento con un secado por vacío.