

# El secado convencional

## tiene los días contados

### *Vapor en lugar de aire (2ª parte)*

ELABORADO A PARTIR DEL ORIGINAL EN IDIOMA ALEMÁN DEL INGENIERO REINHARD BRUNNER, PUBLICADO EN HOLZ-ZENTRALBLATT

#### **Zonas de secado reguladas independientemente y optimización de la geometría de secado**

El futuro pertenece al secadero de vacío de gran volumen. Frondosas y coníferas se pueden secar rentablemente, sin tensiones internas, en "su propio jugo" y fijando antes la calidad de secado deseada. El hecho de que la mejor calidad de secado requiere un mayor tiempo de secado hará aumentar la demanda de madera seca por vacío, puesto que mediante este método, aunque las condiciones sean benignas el tiempo no se prolonga mucho. Es la forma de que a escala industrial se pueda llegar a una calidad de secado exclusiva.

Un secadero de vacío debe de satisfacer hoy las siguientes condiciones:

- Secar también especies de madera difíciles y con dimensiones grandes
- Humedad inicial elevada
- Homogeneidad de la humedad final de toda la carga
- Permitir unir en una carga maderas con características de secado afines
- Dar lugar a un producto libre de tensiones
- Minorizar la merma
- No producir coloración en maderas sensibles a este defecto
- Economía y rapidez (2 a 7 veces más rápido que el convencional)
- Adaptación a directrices y normativas de calidad
- Posibilidad de introducir datos relativos a la calidad de secado deseada
- Permitir una calidad de secado exclusiva, aunque para ello haya que prolongar el tiempo de secado

El cumplir estos requisitos plantea al fabricante de secaderos serios condicionantes. No son ciertas las afirmaciones que se han hecho respecto a que un secado en vapor calentado puro es mucho más fácil (control solo de la temperatura y de la presión de vapor) que el proceso convencional. En el caso de la madera presecada puede ser cierto esto solamente cuando se trate de conseguir un secado rápido, pero es mucho más complicado cuando se trata de maderas de frondosas en estado verde, y solamente se podrá llegar a una buena calidad con ayuda de un software, sensores y equipos muy costosos.

La madera, bajo vacío, se calienta en un clima saturado de vapor de agua, en la medida de lo posible observando el gradiente de temperatura permitido. Esto

no es fácil porque la capacidad de calentar del vapor disminuye proporcionalmente con la disminución de presión. Por lo tanto, y en comparación con el secado convencional, se necesita un mayor flujo de aire (10 a 20 veces) y mejor distribuido.

A continuación tiene lugar el secado propiamente dicho, aplicando continuamente calor mediante vapor sobrecalentado (seco), cuya humedad relativa es menor del 100% y que puede admitir el vapor de agua que se le extrae a la madera.

El movimiento del agua en el interior de la madera aumenta en proporción geométrica con la disminución de la presión, de forma que el secado sucede mucho más rápido que el convencional, sin que se produzcan tensiones mecánicas que conduzcan a fendas, deforma-

ciones y colapso, cuando las capas superficiales estén secas y el núcleo todavía esté verde.

El vapor de agua procedente de la madera se extrae continuamente por condensación en las paredes frías del secadero o en un intercambiador externo que utiliza aire frío.

El calor consumido en la evaporación del agua de la madera se pierde, independientemente de donde se condense el agua. Sin embargo existe la posibilidad de utilizarlo para calentamiento.

Decisivo para el secado en vacío es la correcta regulación de la temperatura

En el secado convencional 2 °C de diferencia de temperatura en puntos distintos no ocasionan variación sustancial del gradiente de secado.

Muy diferente es el caso del secado en vacío. Según el diagrama de estado, un gradiente de secado varía de 1,8 (Ugl = 16,7%, Humedad de la madera > 30%) a 2,3 (Ugl = 13,0%) para solo 2 °C de desviación de la temperatura, puesto que la presión es prácticamente la misma en todos los puntos del secadero.

En estas condiciones, el roble de dimensión gruesa desarrollaría fendas y colapso, el haya natural podría tomar coloración. En el mejor de los casos tendríamos una diferencia de humedad final, que solo podría corregirse después de un acondicionamiento prolongado con vapor.

Las causas de esta diferencia de temperatura son variadas: viento, sol, puentes térmicos, método de apilado, tablonos sin cantar, diferencias de humedad de la madera, diferencias en el rendimiento de los radiadores o ventiladores, etc.

La única vía de solución

Se pretende llegar a una diferencia de temperatura de 0 °C a lo largo, ancho y alto de la carga de madera. Este estado ideal es extremadamente difícil de conseguir bajo vacío, debido a la difusión deficiente.

El camino adecuado pasa por:

- Regular independientemente cada radiador, incluso los intermedios
- Regular independientemente los ventiladores
- Disponer planchas de dirección del flujo de vapor móviles
- Disponer de un moderno y costoso software, posible hoy ya gracias al avance de los ordenadores.

El conjunto de radiadores y sensores determinan la división del secadero en zonas. El software permite diferentes tiempos de inversión del flujo y revoluciones de los ventiladores. Se consigue así re-

gular la velocidad del flujo de vapor independientemente de la temperatura del vapor. El resultado es una velocidad del vapor diferente en cada zona.

El secadero está así dividido en zonas según su dirección longitudinal, sin que existan tabiques de separación. A presión atmosférica esta división en zonas, por razones de índole física, no sería posible.

Una división del secadero en la dirección de la altura de la carga se puede conseguir también mediante planchas de dirección del flujo de vapor que conducen el vapor hacia zonas concretas de la carga, según las medidas de humedad de la madera y otras magnitudes.

En la dirección de la anchura, por medio de radiadores intermedios regulados independientemente se alcanza una mayor homogeneidad de la temperatura. Según sean las condiciones del secadero y la carga, se requieren radiadores entre cada fila de pilas o entre cada dos filas.

Con los equipos descritos también es posible, si así se quiere, tener temperatura diferente en zonas del secadero y de esta forma controlar la velocidad de secado en cada una.

#### **La temperatura de la madera es la magnitud más importante en la regulación**

El secado al vacío nunca será óptimo sin una medición fiable de la temperatura. Falta el aire como transmisor de calor. A un vacío elevado (< 30 mbar) la madera se mantiene fría a pesar de que abramos toda la calefacción y los ventiladores estén funcionando.

La resistencia de la madera depende de la temperatura. Cuanto mayor sea ésta, mayor es el riesgo del secado (paso del estado elástico al plástico), pero mayor también es la velocidad de secado.

En el secado convencional, la diferencia entre temperatura de la cámara y temperatura de la madera es pequeña, por lo tanto basta una regulación sencilla de la temperatura de la cámara.

En vacío es totalmente diferente. La temperatura de la madera puede ser, por ejemplo, 60 °C, 40 °C o 55 °C, para una temperatura estable de la cámara, entre otros motivos según sea la cantidad de agua que se evapora en la madera. A una temperatura admisible en la madera de 55 °C, la temperatura de la cámara puede elevarse de 60 °C a 70 °C, la sollicitación sobre la madera no se sobrepasa y el tiempo de secado se acorta substancialmente. Por lo tanto no son comparables los planes del secado convencional con los del secado al vacío.

En vacío, la magnitud básica correcta de regulación para la temperatura de la cá-

mara es la temperatura de la madera. Además suministra el valor por compensación de temperatura para una medición precisa de la humedad de la madera.

#### **Regulación de la humedad ambiente**

Solo puede hacerse sobre la humedad de equilibrio Ugl, puesto que también en vapor calentado solamente esta magnitud facilita una regulación óptima y exacta, sin que influyan otros factores. Sin embargo la relación de presiones en la presión total, que se compone de presión del aire y presión de vapor, no se puede determinar con manómetros. Puesto que la inevitable proporción de aire, (proveniente de la madera, mínimas fugas en la cámara, etc.) varía constantemente sin que se pueda medir, una regulación del ambiente solo a partir de la presión total y la temperatura no tendría exactitud y se elevaría el riesgo de defectos en la madera.

#### **La medición precisa de la humedad de la madera y de la humedad de equilibrio es fundamental y es el elemento central de la regulación del secado**

Es sabido que en la medición de humedad por el sistema de resistencia eléctrica se producen inexactitudes importantes ya a partir de 25-30%. En un ejemplo, una medición del 70% podría querer decir que la humedad de la madera se situaría entre el 50% y el 90%.

Humedades > 25-30% se miden hoy por primera vez, con exactitud, con un nuevo sistema electrónico. Se utilizan impulsos de intensidad de solo 10 milésimas de segundo, que se corresponden con una media onda a 50 Hz de corriente alterna.

Hay que añadir un campo de medición hasta 1012 Ohm. De esta forma, también por primera vez se puede medir con precisión la humedad para un valor de 3-7%. El secadero de vacío forma un sistema cerrado de ambiente, de medición y de regulación, de forma que se calculan muchas magnitudes importantes. Especialmente interesante es la determinación del descenso de humedad de toda la carga de madera, que se hace por medición del agua condensada. Esto nos permite una corrección y control de la medición eléctrica de la humedad de la madera.

Partiendo de la cantidad de calor que absorben distintas zonas, por diferencia de temperatura, se calculan los descensos de humedad de la madera relativos (sin considerar la velocidad de vapor). También a partir de hoy se puede medir con precisión la humedad de equilibrio, incluso para valores muy bajos del 1%.

### **Mejorar la distribución de humedad final: madera acondicionada, sin tensiones y de mayor valor**

La reducción del tiempo de secado conduce a una mayor desviación de la humedad final, que se acrecienta en función de las humedades iniciales, calidad del apilado, humedad final elevada, secado agudizado y condiciones de ambiente desiguales en el secadero.

Este problema existe en el secado convencional pero no es de gran magnitud porque la larga duración y la difusión (a través de la cual se equilibra el calentamiento de la madera) tienen un efecto autocompensador de la humedad final. Además del equilibrio de las zonas del secadero, es necesario un potente generador de vapor con regulación para obtener homogeneidad de humedad final, contracción reducida y mejorar la calidad de la madera.

Después de llegar a la humedad final sucede el acondicionado para igualar la humedad de la madera a lo largo del espesor de las piezas y en toda la carga. Un proceso efectivo es solo posible con un generador de vapor. Se pueden calcular y medir 20 litros de vapor introducido en un metro cúbico de madera.

Naturalmente es rentable vaporizar agua extraída de la misma madera. El vapor debe de ser muy húmedo. Las superficies vaporizadas son "más blandas" y facilitan su mecanizado.

Reducir de la contracción

Sobre todo cuando la humedad final deseada se refiere a la humedad del núcleo de la pieza, hay que secar la superficie de la madera muy por debajo de este valor. Además hay que considerar que cuando se trata de valores medios de una carga, habrá una parte de ésta con una humedad aún inferior.

Estos valores bajos de humedad ocasionan una contracción que hace depreciar el valor de la madera. Si la acondicionamos correctamente corregimos este defecto y recuperamos su dimensión.

### **Producción de vapor para secados difíciles**

En vacío, por ejemplo, la madera de haya o arce se secan muy rápidamente, es decir, eliminan suficiente agua como para mantener estable el ambiente en la cámara, incluso aunque se añada calor.

En el calentamiento, si surgen problemas de función de cualquier tipo y sobre todo para maderas de secado crítico y lento (por ejemplo roble de gran espesor con humedad elevada) hay que introducir vapor en diferentes etapas del secado para evitar daños en la madera como fendas internas o externas. Puede aparecer en-

durecimiento superficial con peligrosas tensiones de secado. El generador de vapor suministra vapor suficiente y rápidamente para eliminar las tensiones en la madera.

O puede llegar aire procedente de la madera o de fugas, que debe eliminarse con la bomba de vacío, que extrae la mezcla de vapor y aire, volviéndose la humedad relativa del vapor demasiado seca. La extracción/condensación de solo unos litros de vapor de agua modifica el ambiente en la cámara de forma decisiva. Aparecen entonces fendas en el roble. El generador de vapor equilibra rápidamente la variación del clima. Este equilibrio no sería posible por el agua de la madera, cuando la velocidad de secado es lenta o cuando se ha producido ya el endurecimiento superficial.

### **Resumen**

"Los días del secado convencional están contados. Vapor en lugar de aire". Con esta manifestación muchos profesionales e industriales moverán dubitativamente la cabeza. Pero por otra parte, y al igual que el autor en su artículo de 1993 "¿El secado de la madera será en el futuro en vacío o seguirá siendo convencional?", harán serias reflexiones. Mientras han pasado 4 años intensos de desarrollo y experiencia industrial. El secado de la madera profesional se ha decidido por el secado en vacío en secaderos de gran capacidad (no una fila de pilas). Solo así se pueden solucionar definitivamente problemas como las pérdidas ocasionadas por el secado al aire libre, manchas ocasionadas por rastreles, ataque de organismos xilófagos, capital inmovilizado, coloraciones antes y durante el secado,

coste elevado por consumo de energía, secado demasiado largo. Al secadero convencional le quedan solo tareas no exigentes y actualmente todavía el secado de coníferas de espesor inferior a 40 mm.

Con el secado en vacío con vapor calentado pueden imponerse metas ambiciosas de calidad y rendimiento. Los beneficios del secado aumentan.

Los fabricantes de secaderos deben de estar atentos, que los bajos precios de venta de instalaciones convencionales no financian ya los costes necesarios de investigación y desarrollo posterior. Las instalaciones tienen que ofrecer de nuevo todas sus posibilidades técnicas, puesto que por el secado rápido con una buena calidad, las inversiones para un mayor rendimiento son amortizadas rápidamente por el utilizador.

El desarrollo del secado al vacío, en contraste con el del convencional, aún no ha llegado al final de sus posibilidades. Los institutos tener en cuenta en su investigación básica, que experiencias con instalaciones de laboratorio o simplemente cálculos teóricos frecuentemente no tienen sentido, puesto que no tienen en consideración magnitudes decisivas (por ej.  $dT = 0$ ,  $dTG = 0$ ) y las diferencias de calidad de secado que resultan.

Los resultados de la investigación tendrían que ser continuados por los fabricantes, redundaría en beneficio de todos.

La reflexión del secadero de vacío de gran capacidad proseguirá desde Europa hasta USA y Canadá y otros países industrializados, con el lógico desfase temporal, a través de concesión de licencias, hasta los grandes productores de madera de Sudamérica, Sudeste Asiático y Asia.