



MODIFICACIÓN DE LA MADERA con alcohol de furfuryl

Como se informaba en el artículo aparecido en la revista anterior (nº 225, septiembre-octubre) se desarrolla en profundidad lo avanzado entonces.

La empresa noruega WOOD POLYMER TECHNOLOGIES ASA ha patentado un nuevo método de tratamiento para madera, con este método se puede sustituir la impregnación con CCA y se puede dotar a la madera con cualidades similares a las que tienen las maderas tropicales.

NELLY MALMANGER

El método consiste en modificar las moléculas de la celulosa de manera que éstas puedan absorber el alcohol de furfuryl. El alcohol de furfuryl (FA) es un producto químico renovable obtenido a partir de residuos biológicos hidrolizados, extraídos de desechos de la mazorca de maíz y de la caña de azúcar.

La reacción química de la catalización ácida de FA en la madera es muy compleja. Los parámetros de reacción (tipo de catalizador y concentración, pH, temperatura, presencia de agua etc.) afectan altamente a los productos resultantes; por ejemplo el grado de inserción de las moléculas de alcohol, tipo de enlace, el tipo dominante de unidades de polímeros y la degradación de los componentes de la madera (en su mayor parte por hidrólisis de celulosa y hemicelulosas).

Las propiedades de la madera tratada con FA dependen de la retención del FA polimerizado (PFA) en la madera. A un nivel de modificación alto (alta retención de PFA) se obtiene un considerable incremento de la dureza, alta resistencia a la degradación química, o causada por hongos e insectos, incremento en los módulos de rotura y elasticidad (MOR & MOE), y una alta estabilidad dimensional. A un nivel de modificación más bajo ocurre también una intensificación de las cualidades de la madera, aunque en menor medida.

El desarrollo del

método en la madera

Las primeras investigaciones para modificar la madera con alcohol de furfuryl datan de los años 1950, cuando el Dr. Alfred Stamm inició los experimentos; su alumno Irving Goldstein continuó la investigación con cloruro de zinc como catalizador y principalmente para la aplicación en chapas para revestimientos de madera. Según Goldstein el tratamiento con una solución de 90 % de FA daba como resultado una alta estabilidad dimensional, resistencia a la podredumbre causada por hongos, y resistencia a ácidos y álcalis.

Estas investigaciones llevaron a la empresa Koppers Wood Incorporated a una producción, en pequeña escala, de madera modificada con FA. Durante los años 60 se desarrolló un proceso enfocado sobre las cualidades estéticas con el fin de obtener productos con aspecto de caoba a partir de maderas más baratas.

El problema que conlleva estos procesos está en el sistema de catalización, el cloruro de zinc tiene un efecto devastador sobre la degradación de la celulosa y como consecuencia sobre las propiedades resistentes a largo plazo en la madera modificada.

Durante los años 90 los profesores Schneider y Westin emprendieron simultáneamente investigaciones sobre nuevos sistemas de catalización, ambos utilizaron anhídridos carboxílicos cíclicos,

principalmente anhídrido málico como catalizador. Este nuevo sistema daba como resultado soluciones estables con buenas propiedades de impregnación y otras cualidades como una mejora en la solidez, la dureza, la durabilidad, la resistencia a la pudrición, y todo ello con una disposición favorable para el medio ambiente y a la penetración del color en la madera. El método es aplicable a cualquier tipo de madera que pueda ser impregnada.

Comercialización del método

La empresa World Polymer Technologies ASA (WPT) empezó el proceso de comercialización del método, basado en las experiencias y en el trabajo de laboratorio llevado a cabo por el Dr. M. Schneider.

Junto con el Dr. Schneider (de la Universidad de Brunswick, Canadá y de Wood Tech Inc.), el Sr. Westin, del Instituto Sueco de la Industria de la Madera (Tråtek), y el Sr. Stig Lande, de Wood Polymer Technologies ASA, desarrollaron para WPT dos procesos principales para la comercialización de la madera modificada con alcohol de furfuryl: Kebony TM («Brown Technology») para una modificación de alto nivel, y VisorWood TM («Brown Technology») para una modificación de nivel más bajo. El primer objetivo para WPT fue encontrar un material para sustituir la madera dura, tro-

pical, del tipo Wengé. Un factor principal fue el color oscuro, dado que tratando la madera con alcohol de furfuryl se consigue un color oscuro, o incluso un color negro, esto parecía ser un buen sistema de modificación. En Canadá y más tarde en Noruega, en el Instituto Noruego de Investigación de Bosques (Skogforsk) supervisado por el Dr. Schneider en 1998, se llevaron a cabo trabajos experimentales sobre fórmulas apropiadas. Se optó por el abedul como madera apropiada porque se dispone en calidades homogéneas y es fácil de tratar. Pasaron por el laboratorio 12 metros cúbicos de madera antes de llegar a un «blue-print» que luego se utilizó para una primera producción comercial. Sin embargo, debido al elevado consumo de productos químicos, la madera altamente modificada con FA es cara y tan sólo puede ser destinada a productos de nicho de gama alta. El nuevo objetivo fue diluir las fórmulas y así reducir la cantidad de productos químicos. Una manera de lograr reducir el nivel de modificación con FA es con la utilización de un co-solvente, por ejemplo metanol o etanol. Este sistema no interfiere demasiado con el de sistemas de catalización.

Sin embargo, para la industria esta estrategia requería un incremento en la inversión para la instalación de maquinaria adecuada. Como consecuencia, Schneider escogió investigar sistemas basados



en agua. Como la mezcla con agua tendría a separarse casi enseguida, hacían falta muchos experimentos, incluso con agentes de amortiguación y estabilizantes, antes de llegar a una fórmula exitosa, basada en agua. Actualmente el proceso ha sido ajustado para tres productos distintos, con diferentes escalas en el grado de modificación: Visor Wood TM (a partir de madera de coníferas, WPG= 20-30), Kebony TM (principalmente de maderas duras, WPG= 10-50) y Kebony TM Dark (de maderas duras, WPG=70).

El proceso industrial WPT de modificación con FA

La impregnación de madera con la solución reactiva de tratamiento se lleva a cabo en una planta ordinaria de impregnación, reconstruida, con tanques de almacenaje cerrados. El mismo autoclave sirve para tratamientos con diferentes concentraciones de FA, si se utilizan tanques distintos para las diferentes soluciones. Además, se requiere un equipamiento para mezclar las soluciones de tratamiento (un tanque con accesorios para mezclar el FA con agua, catalizador y estabilizador), hace falta una cámara de reacción, un secadero para secar la madera y un sistema de recuperación del calor y de los productos de la condensación de la reacción. Además de las cámaras y los hornos hay otras áreas de trabajo que necesitan ventilación. Es igualmente importante mantener las emisiones de FA bajo control.

El proceso consiste en las fases siguientes:

1. Almacenaje y mezcla de los productos químicos

Las soluciones de tratamiento se mezclan en un tanque separado de mezcla, donde se añaden los diferentes productos químicos (FA, iniciador / catalizador, agentes de

amortiguación, estabilizantes y agua). La solución mezclada se bombea a uno de los tanques de amortiguación. Los productos de condensación serán reutilizados en el momento de mezclar la solución. El FA se almacena en un tanque separado en el exterior que tiene una cubeta a fin de evitar que un eventual escape se filtre al suelo.

2. Primera fase. Impregnación

La madera se impregna bajo presión / vacío con la solución de tratamiento, según el procedimiento de célula llena, con un paso de vacío durante 30-60 minutos, un paso de presión de 10 barías durante 2 horas y un paso breve de post-vacío.

3. Segunda fase. Secado intermedio

La solución se diluye con agua a niveles más bajos de modificación y como consecuencia la madera impregnada requiere un secado intermedio antes de ser curada.

4. Tercera fase. Reacción

Durante esta fase tiene lugar una polimerización «in situ» de los productos químicos produciendo la inserción en los componentes de la madera. La cámara de reacción se calienta con inyecciones directas de vapor a temperaturas entre 80-140 grados, dependiendo del tipo de solución de la impregnación. El tiempo de curación es de 6 a 8 horas. La cámara opera como un sistema cerrado durante el periodo de curación, con la excepción de un periodo de ventilación al final. El gas de ventilación se enfría con un intercambiador de calor y el producto de la condensación se separa del gas en un separador. El producto de condensación de la cámara se devuelve al tanque de condensación para su reutilización.

5. Secado

El secado final en un secadero es esencial para minimizar las emisiones y para poder

transportar la madera seca. Para el producto VisorWood será necesario reducir el contenido de humedad después del periodo de reacción curación.

6. Lavado

Las emisiones provocadas por el proceso se tratan en un proceso de lavado con gases ventilados.

No hay ningún tratamiento posterior de la madera modificada.

Pruebas

El proceso WPT con FA es apto para todo tipo de madera que se deje impregnar, con algunas variaciones en el procedimiento y en los resultados; pero en general la durabilidad de la madera resulta tan larga, e incluso en algunos casos más, que con los tratamientos convencionales.

Fred G. Evangs, en el Instituto Noruego de Investigación Técnica de la Madera (Norsk Treteknisk Institutt - NTI), comentó a Aitim que el método ha sido comprobado durante siete años en Suecia, que los resultados son muy interesantes y prometedores, y que las pruebas biológicas continúan.

Per Ame Sørlien, director general de WPT, nos precisa que las pruebas realizadas en Suecia son pruebas de tierra (7 años) y de agua salada (4 años). Otras pruebas, como la de termitas, se han realizado en Hawai y en Indonesia, y también con resultados muy positivos comparados con madera impregnada con CCA. Otras conclusiones de las pruebas son una estabilidad dimensional alta (hasta 90% ASE), y una dureza Brinell hasta 9.

El material principal para las pruebas fue el pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), Para algunas de las pruebas también se empleó haya (*Fagus sylvatica*), y abedul (*Betula pubescens*). Para las pruebas sobre termitas, se incluyeron dos especies de madera tro-

pical, *Agathis dammara* y *Paraserianthes falcataria*.

Los resultados de las pruebas mecánicas y la mayoría de los resultados de pruebas de durabilidad y de las pruebas físicas, se llevaron a cabo dentro de un proyecto nacional Sueco (Westin 1995), y un proyecto de investigación Europeo (the Chemowood project, Fair-CT97-3187).

El Dr. Schneider, Westin y Stig Lande presentaron los resultados de las pruebas en la Primera Conferencia Europea sobre la Modificación de la Madera (First European Conference on Wood Modification) en Gante (Bélgica), que tuvo lugar el 3 y 4 de abril, de 2003.

Para más información sobre los resultados se puede contactar directamente con la empresa Wood Polymer Technologies ASA, en Noruega. El concepto comercial de WPT esta basado en vender licencias sobre la tecnología patentada. WPT es propietario y promociona las tres marcas.

Alternativa a la CCA

La sociedad está cada vez más alarmada por causa de lo tóxico que resultan los productos de madera tratados con CCA, y las leyes se están adaptando cada vez más a esta nueva sensibilidad. Dinamarca y Noruega son los países europeos que tienen las leyes más estrictas en lo que se refiere a los tratamientos de las maderas con productos tóxicos. El uno de julio pasado entró en vigor en Noruega una nueva ley que prohíbe impregnar productos de uso privado con cromo, arsénico y creosota. Sin embargo, debido a lo complicado que resulta encontrar una alternativa para que el pino Noruego se mantenga resistente a la putrefacción durante mucho tiempo, sigue siendo legal el uso de CCA en obras públicas como puentes, edificios públicos, ferrocarriles etc.

En los EEUU acaban de adop-



tar una decisión parecida, the United States Environmental Protection Agency ha prohibido el uso residencial de CCA mediante una ley que entrará en vigor el 30 de diciembre de este año. La Unión Europea tiene una prohibición similar, mientras que en Canadá los productores de CCA están en fase de retirar voluntaria y gradualmente los tratamientos con CCA para fines residenciales. Esta evolución hacia una política medioambiental más sensibilizada requiere nuevas alternativas y según Sørlien, WPT tiene la solución para que las maderas impregnadas no se sustituyan con plástico, metal o otros materiales, sino con maderas no contaminantes.

La producción

Desde hace más de un año, la empresa Boen AS produce Kebony Dark en su planta en Lituania bajo licencia de producción de WPT. El 19 de agosto pasado abrió la primera fábrica en Noruega de productos WPT, bajo el nombre de WPT Products. La fábrica, que está ubicada en Herøya Industripark en Porsgrunn, la zona industrial más importante de Noruega, tiene capacidad para producir 5.000 metros cúbicos de madera WPT por año. El mercado noruego es de 350.000 metros cúbicos anuales de madera impregnada bajo presión. WPT es copropietario de esta nueva fábrica, pero el objetivo es conceder licencia sobre la patente a fábricas que actualmente impregnan con productos tóxicos.

Per Arne Sørlien indica que las fábricas pueden seguir utilizando gran parte de la maquinaria, se calcula que el coste para adaptar la maquinaria a la técnica WPT oscila entre medio millón y 1,25 millones de euros, para unas instalaciones con capacidad de 15 000 metros cúbicos.

Los productos químicos son un poco más caros que los que se han utilizado antes, y el precio de venta de los productos tratados según el mé-

todo WPT será alrededor del 35 % superior al del precio de las maderas impregnadas con CCA. Pero, no son tóxicos. Se puede beber y comer en productos de madera fabricados con este material y al finalizar su ciclo de vida se pueden quemar tal como una madera no tratada, su combustión no emana gases tóxicos

El mercado de la madera tropical

El método WPT puede servir para dar a la madera de especies como abedul, haya o arce el aspecto, la durabilidad y la dureza del ébano. Para este tipo de productos, según Sørlien, WPT va a trabajar hacia los mercados de Dinamarca y Holanda, donde el consumo de maderas tropicales es muy superior al consumo noruego. Otros mercados, como el español, también son muy interesantes, ya que las leyes europeas van hacia una normativa más estricta en lo que se refiere a los productos tóxicos en el tratamiento y la modificación de la madera.

Un tratamiento no contaminante de las maderas europeas no sólo dará buenos productos, asegura Sørlien, además va a generar puestos de trabajo, reducir la importación y a largo plazo crear una base para una futura exportación. Si queremos conservar la selva tropical tenemos que emplear menos teca y otras maderas tropicales, concluye Sørlien **A**

WOOD POLYMER TECHNOLOGIES
ASA,
INFO@WPT.NO
TEL: 00 47 23 01 23 00
DIRECTOR GENERAL, PER ARNE
SORLIEN: PAS@WPT.NO
DIRECTOR TÉCNICO, STIG LANDE:
SL@WPT.NO
INTERNET: WWW.WPT.NO