

674.81.05-60

## **el moldeo de conglomerados de madera**

### **the moulding of wood particles**

KARL BORGIN

(«*Timber Technology*», núm. 2.246, diciembre 1959, pág. 482.)

Las investigaciones que se mencionan en este artículo forman parte de un programa de estudio más amplio sobre aplicaciones de los residuos de la madera. El objetivo principal era estudiar el moldeo de partículas de madera con un conglomerante adecuado y establecer las propiedades más importantes de los productos moldeados.

### **Introducción**

Durante la última década se ha desarrollado en Europa, América y otros países del globo una gran industria, la cual fabrica varios tipos de conglomerados de partículas de madera (1), (2), (3)\*. La demanda de estos materiales es muy grande y la industria de derivados de la madera suministra estos productos a un ritmo creciente.

En la práctica, los productos preparados por esta nueva industria son: tableros planos, chapas, placas o paneles. Algunos materiales, especialmente aquellos preparados por extrusión, pueden perfilarse o acanalarse. Estos productos no son complicados de forma y, por tanto, pueden prepararse con prensas hidráulicas continuas o discontinuas o con diferentes tipos de máquinas de extrusión.

Puesto que los tableros de partículas de madera tienen unas propiedades mecánicas apreciables y pueden fabricarse económicamente a partir de productos de desecho, parece que interesa poder fabricar de las mismas materias primas otros productos que sean de forma complicada. Ejemplos típicos para los que, indudablemente, habría una gran demanda son: cajas, tambores, otros tipos de containers, estuches, cajones y otras partes accesorias. Solamente los envases para fruta ofrecen un mercado muy prometedor.

### **Diferencias importantes de la fabricación**

En tanto que los paneles y planchas de residuos de madera pueden prepararse por presión simple entre los platos de una prensa hidráulica, la fabricación de cajas y productos similares requiere el uso de moldes que tengan una forma similar al producto a moldear. Aunque el prensado de paneles planos o perfilados y el moldeo de artículos de formas raras tienen muchas cosas en común, sin embargo difieren notablemente en otros aspectos. Una de las mayores diferencias, desde el punto de vista práctico, es que al prensar paneles se forman productos volátiles, como consecuencia de la elevada temperatura en el prensado, los cuales pueden escapar por los lados abiertos de la prensa. Cuando se moldea un artículo en el hueco de un molde, el escape de volátiles es muy restringido.

Un resultado inmediato de esto es que parece difícil aplicar el mismo proceso de fabricación en el prensado de paneles y en el moldeo de productos variados. El obstáculo principal es que las resinas empleadas en la preparación de paneles se encuentran normalmente como solución acuosa coloidal; durante el prensado en caliente este agua evapora y escapa junto con otros volátiles por el lado abierto de la prensa. Al prensar paneles de densidad media o baja y de espesor medio no se encuentran realmente dificultades con el escape de volátiles; pero si aquéllos son de gran densidad y un espesor grande, el escape de vapores puede ser el factor que limite la producción de tales unidades.

\* Los números en paréntesis hacen referencia a la Bibliografía.

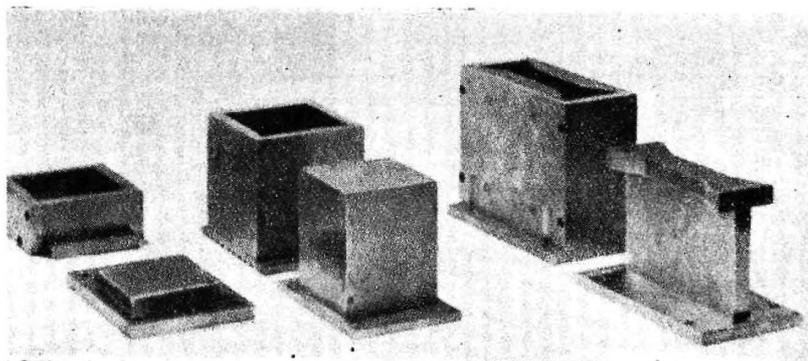


Fig. 1. Moldes para conglomerar partículas de madera (piezas de ensayo)

En el moldeo estas dificultades son aún más serias. En un molde cerrado las posibilidades de evaporación son muy restringidas. Normalmente se proveen estos moldes de agujeros de ventilación; pero si hay una gran cantidad de volátiles no pueden escapar a su través en un ciclo de moldeo normal, que es bastante corto para la producción en masa.

### **Exigencias en las características de flujo**

En otros aspectos, también son distintas en su fundamento las operaciones de prensado y moldeo. En una operación de prensado se requiere un material con propiedades de flujo muy limitadas, en tanto que para llevar a cabo la operación de moldeo son necesarias unas propiedades de flujo elevadas. En una prensa abierta el flujo del material se limita sólo en las dos direcciones perpendiculares a los platos de la prensa, pudiendo fluir libremente paralelamente a éstos. Esto limita, naturalmente, la operación de prensado a materiales de baja fluencia; la resistencia al flujo paralelo a los platos debe ser lo bastante elevada para prevenir que el material se exprima a la presión y temperatura empleados en la operación de prensado. En un molde cerrado se limita el flujo del material en todas las direcciones por las paredes del molde e interesa gran facilidad de fluencia para llenar rápida y completamente aquél.

Las operaciones de moldeo y prensado tienen ciertos problemas en común. Uno de ellos es el que se refiere al espesor máximo del producto; por causa del bajo coeficiente de transmisión térmico de la madera, el paso de calor en el prensado o moldeo de residuos de madera es bajo. Es tan bajo que resulta antieconómico hacer paneles de espesor superior a 25 mm. Sin embargo, pueden prensarse, de un modo económico, espesores mayores calentando con alta frecuencia en vez de por conducción (2). El espesor máximo, al ensayar experimentalmente en este trabajo piezas moldeadas, calentadas todas por conducción, se limitó a 24 milímetros.

### **Técnica experimental**

**Prensa de moldeo.**—Se empleó una prensa hidráulica de 20 toneladas.

**Moldes.**—Se mecanizaron diferentes moldes de acero o latón cromados o niquelados. Las superficies interiores se pulieron perfectamente. Los moldes se calentaron eléctricamente, pudiendo hacerse constante la temperatura entre 50 y 180°C (estos moldes pueden observarse en la figura 1).

Las dimensiones de las piezas ensayadas eran de 76 × 76 × 22 mm, 100 × 100 × 24 mm y 25 × 25 × 200 mm. La última de éstas tiene una forma similar a las usadas para el ensayo de resistencia a tracción de madera y otros materiales (4). El molde para la pieza de 100 × 100 × 24 mm tiene los lados y el fondo perforados para permitir el escape de volátiles durante el moldeo.

Dos de los moldes tienen pistones largos para permitir la compresión de partículas de madera poco compactadas y que el moldeo en caliente tenga lugar en el pistón inferior de la prensa. En el molde de pistón corto (76 × 76 × 22 mm), las partículas de madera deben prensarse previamente en frío, a la densidad que interese, antes de su moldeo en caliente.

**Partículas de madera.**—Se emplearon varios tipos de serrín (maderas duras, o blandas, o una combinación de las dos) procedentes de Empresas privadas.

Se ensayó serrín de varias especies, tales como *Pinus Patula*, *Pinus Radiata* y *Eucalyptus Saligna*. Los datos de ensayo que aquí se enumeran, sin embargo, se basan en moldeos de *Pinus Radiata*. Por el tipo de sierra empleado en Africa del Sur, las partículas de serrín eran mayores y de forma de astilla (de mayor tamaño que el serrín común en Europa).

El serrín se empleó sin posterior desintegración mecánica o química. En tanto que ya se ha establecido qué forma de partícula proporciona los mejores resultados en paneles (2), (3), no está muy claro cuál es la forma y tamaño ideal de partículas a emplear para el moldeo. Las "escamas" relativamente grandes y delgadas que dan el panel más fuerte, pueden no ser las adecuadas para el moldeo, porque tales partículas mostrarán un flujo bajo en la operación de moldeo. El polvo fino de madera tendrá, naturalmente, las mejores propiedades de flujo, pero también proporcionará la resistencia más baja. Es de presentir, por lo tanto, que el serrín puede representar un buen compromiso con un tamaño de grano que da suficiente flujo en el moldeo y unos artículos acabados con propiedades mecánicas satisfactorias.

*Resinas sintéticas.*—Se emplearon las siguientes resinas poliéster:

Polylite 8009. Reichhold (U.S.A.)  
Polylite 8001. Reichhold (U.S.A.)  
Soredur H65. SOAB (Suecia)  
Soredur H75. SOAB (Suecia)  
Soredur H45. SOAB (Suecia)

Con anterioridad a esta investigación, donde las resinas poliéster se emplearon exclusivamente como conglomerante, se ensayaron otras resinas tales como urea-formaldehído y fenolformaldehído; la primera se empleó en solución acuosa y la segunda en solución acuosa o alcohólica. Las propiedades de los materiales moldeados con estas dos resinas eran buenas, pero era imposible realizar ciclos cortos de moldeo a causa de la gran cantidad de agua y otros volátiles que han de evaporarse antes o durante el moldeo.

Las resinas poliéster resultaron ser las más adecuadas por las siguientes razones:

- 1) No se emplean disolventes.
- 2) No se forman volátiles en la operación de moldeo.
- 3) Estas resinas son líquidas y pueden mezclarse fácilmente con las partículas de madera.
- 4) Pueden emplearse presiones de moldeo muy bajas.
- 5) Las propiedades físicas y químicas de estas resinas son excelentes.

*Materiales para desmoldar.*—Con mucha frecuencia las resinas sintéticas se pegan al molde después del curado. Esto se evita recubriendo el interior del molde con el tipo normal de productos de desmolde empleados por la industria de los plásticos. Uno de los más eficientes es la cera Carnauba, aplicada directamente como emulsión acuosa en la superficie del molde.

## Resultados

*Temperatura de moldeo.*—La temperatura de moldeo empleada se movió entre límites más bien amplios: de 50 a 150° C. La que se encontró más adecuada fué 110° C.

*Tiempo de moldeo.*—El tiempo necesario para la total polimerización puede variarse a voluntad cambiando la temperatura y la cantidad de catalizador. A 110° C, y con 1 % de peróxido de benzoilo como catalizador, el curado era completo después de tres minutos; pero el curado de piezas gruesas exige un tiempo más largo. Con un molde calentado a 110° C son suficientes 10 minutos.

*Catalizador.*—Se ensayaron los dos catalizadores usuales: peróxido de benzoilo y metil-etil-cetona.

*Condiciones de moldeo standard.*—Con ensayos previos de temperatura, tiempo de moldeo y catalizador, se consideraron como standard las siguientes condiciones:

Temperatura de moldeo: 110° C.

Tiempo de moldeo: 10 minutos.

Cantidad de catalizador: 1 % (peróxido de benzoilo).

En lo sucesivo todos los moldeos se realizaron bajo estas condiciones, eliminando, por lo tanto, algunas variables indeseables.

*Efecto de la presión de moldeo sobre la densidad.*—Al aumentar la presión de moldeo de 10 a 160 kg/cm<sup>2</sup>, con un contenido de resina constante de 8 %, la densidad varió entre límites muy amplios: de 0,40 a 1,12 g/cm<sup>3</sup>. En la figura 2 se muestra gráficamente la densidad en función de la presión de moldeo. Entre 40 y 80 kg/cm<sup>2</sup>, la densidad aumenta de 0,58 a 0,80 g/cm<sup>3</sup> (es decir: un 100 % de aumento en la presión, aumenta la densidad en un 37 %).

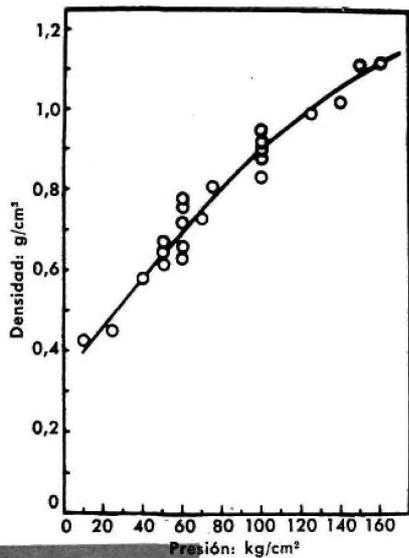


Fig. 2. Efecto de la presión de moldeo sobre la densidad

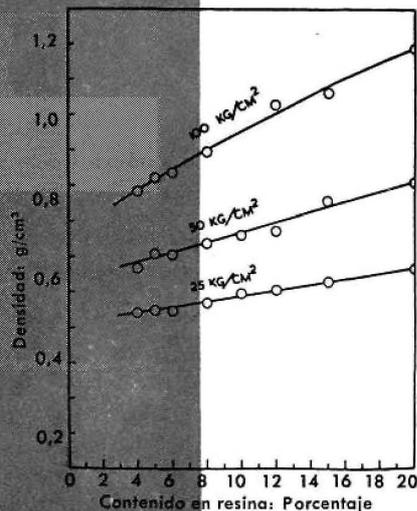


Fig. 3. Efecto del contenido de la resina sobre la densidad

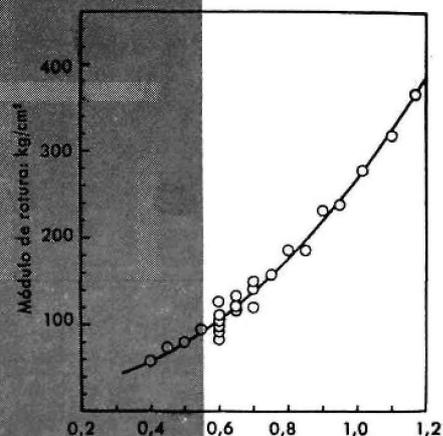


Fig. 4. Modelo de rotura en función de la densidad

La densidad del *Pinus Radiata*, de cuya madera procedían las partículas a moldear, es de  $0,49 \text{ g/cm}^3$ . En la figura 2 se observará también que la densidad de moldeo de partículas, a partir de una cierta presión, es mayor que la de la misma madera. Esto se debe, principalmente, a la compresibilidad de las partículas de madera, puesto que es despreciable el aumento de densidad aportado por el 8 % de resina añadida.

El aumento de densidad encontrado para una presión de moldeo dada, es superior para el serrín de pino que para el de madera dura.

Más adelante se demuestra cuántas propiedades importantes de la madera dependen de la densidad. En consecuencia, es posible moldear productos con diferentes propiedades con sólo cambiar la presión de moldeo.

*Influencia del contenido en resina sobre la densidad.*—En la figura 3 se muestra cómo depende la densidad del contenido en resina, a presiones de moldeo constantes de 25, 50 y  $100 \text{ kg/cm}^2$ .

La densidad de la resina totalmente polimerizada es de  $1,2 \text{ g/cm}^3$ . Puesto que la resina llena, lógicamente, las cavidades entre las partículas de madera, el aumento en densidad de la pieza a moldear es relativamente grande.

A presiones mayores—del orden de  $100 \text{ kg/cm}^2$ —es probable que un aumento en la cantidad de resina actúe como un lubricante, permitiendo así un empaquetado más fuerte de las partículas de madera durante el moldeo.

La densidad de la pieza a moldear puede aumentarse utilizando más resina o aplicando mayores presiones de moldeo. Ambos métodos, o una combinación de los dos, mejoran la resistencia mecánica del producto.

*Importancia de la densidad en las resistencias mecánicas.*—Las propiedades mecánicas de las piezas moldeadas, resultaron depender notablemente de su densidad. En la figura 4 se muestra el módulo de rotura en función de la densidad. Todas las muestras ensayadas contenían 8 % de resina; la diferencia, en densidad, de las diferentes muestras, se consiguió variando la presión de moldeo. De aquí se deduce que el módulo de rotura es también función de la presión usada durante el moldeo. En un cierto intervalo de densidades el aumento en módulo de rotura es más que proporcional al aumento de densidad. Para una densidad de unos  $0,4 \text{ g/cm}^3$  el módulo de rotura es de unos  $60 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que para  $0,8 \text{ g/cm}^3$  el módulo de rotura era casi  $180 \text{ kg/cm}^2$ . Un aumento del 100 % en la densidad produce un aumento en el módulo de rotura de casi 200 %.

La densidad entre la resistencia a tracción y la densidad se expresa en la figura 5. La resistencia a tracción se determinó con muestras similares a las empleadas para la medida del módulo de rotura (8 % de resina y variaciones en la densidad empleando diferentes presiones de moldeo). La resistencia a tracción medida se basa en los valores máximos en el punto de rotura. La velocidad de carga era de 25 kilogramos/minuto.

En este caso, también se obtiene un aumento de resistencia más que proporcional, al aumentar la densidad, en un cierto intervalo.

Al aumentar la densidad de 0,4 a 0,8 g/cm<sup>3</sup>, la resistencia a tracción pasó de 40 a 120 kg/cm<sup>2</sup> (un aumento de 100 % en la densidad, mejoró un 200 % la resistencia a tracción).

*Influencia del contenido en resina sobre las resistencias mecánicas.*—Al aumentar el contenido de resina, aumenta también la densidad, como se vió ya en la figura 3. Al mejorar las resistencias mecánicas con la densidad, parece lógico que la resistencia también aumente al usar más resina en el moldeo. Empleando más resina, no sólo se aumenta la densidad, sino que también se mejoran los enlaces de unión partícula-partícula.

En consecuencia, el aumento en el contenido de resina será el camino más efectivo para mejorar las propiedades mecánicas y otras varias de la pieza moldeada. Por desgracia, también es el camino más caro.

En las tablas 1 y 2 puede observarse la dependencia del módulo de rotura y de la resistencia a tracción, del contenido de resina.

*Absorción de agua.*—Puesto que una pieza moldeada contiene de 80 a 92 % de madera, debe esperarse que la absorción de agua sea rápida y que la cantidad de agua absorbida igualará la absorbida por la madera sólida.

En la figura 6 se observa la absorción de agua de una pieza moldeada en función del tiempo. Las piezas ensayadas eran cubos de 25 mm de lado y se sumergían completamente en agua. El contenido de resina fué del 8 % y la densidad lo más próxima posible a 0,65 g/cm<sup>3</sup>. La dispersión de resultados era relativamente grande, pero el 90 % de las observaciones caen dentro del área rayada en la representación agua absorbida/tiempo.

De la figura 6 se deduce que la mayor parte de agua absorbida se encuentre entre 2 y 4 horas. Este agua representa la tomada por penetración capilar entre las partículas de madera y las cavidades en las partículas individuales. Después de 4 horas continúa aún la absorción de agua pero a una velocidad mucho menor, alcanzándose el final después de 48 horas. Esta toma lenta de agua representa el hinchamiento intermicelar de las fibras de madera.

*Hinchamiento.*—A causa de esta absorción de agua, la pieza moldeada es inestable dimensionalmente e hincha. Esta dilatación se midió en dirección longitudinal sobre piezas de 22 × 22 × 75 milímetros.

El resultado encontrado fué que el entumecimiento depende mucho, tanto de la densidad como del contenido en resina.

Se determinó el entumecimiento de piezas con 8 % de resina en función de la densidad, después de un periodo de inmersión en agua de 24 horas. Los resultados se expresan en la figura 7.

Al aumentar la densidad, aumenta también el hinchamiento; y en el paso de 0,4 a 0,8 g/cm<sup>3</sup> de densidad, el hinchamiento aumentó de 10 a 17 % (100 % de aumento de densidad, aumenta el hinchamiento un 70 %).

Al aumentar el contenido de resina, el entumecimiento puede reducirse considerablemente, como se demuestra en la figura 8. Al aumentar el contenido de resina de 8 a 16 %, el entumecimiento se redujo de 14 a 19 % (un aumento de 100 % en el contenido de resina, redujo el hinchamiento un 36 %).

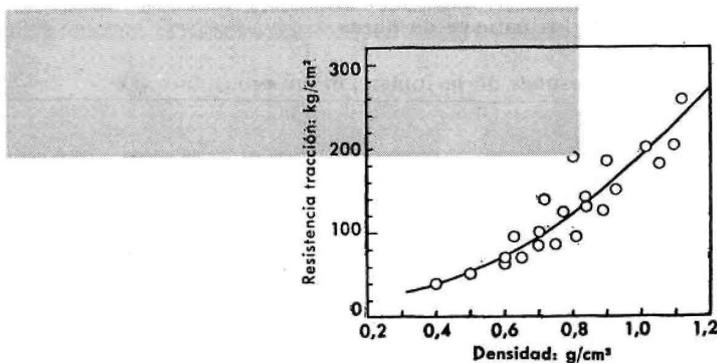


Fig. 5. Resistencia a tracción en función de la densidad

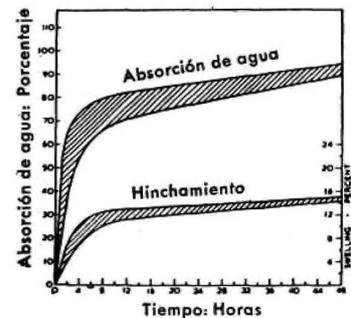


Fig. 6. Absorción de agua e hinchamiento en función del tiempo

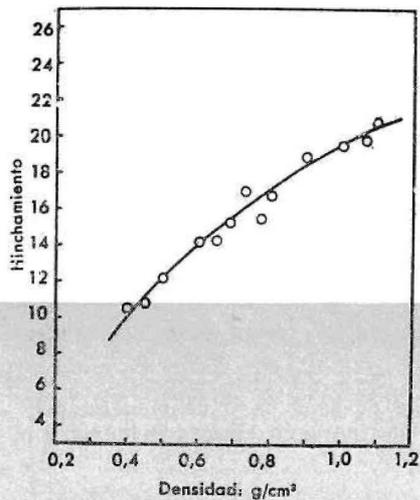


Fig. 7. Hinchamiento en agua después de 24 horas, en función de la densidad

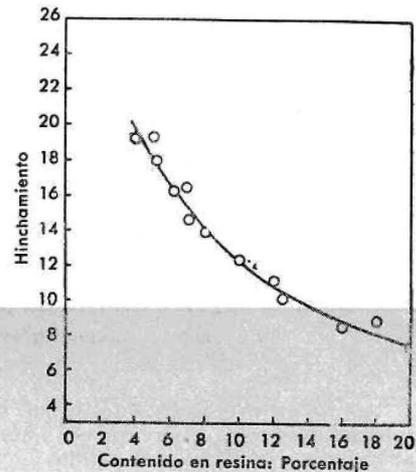


Fig. 8. Efecto del contenido de resina sobre el hinchamiento en agua (24 horas)

En la figura 6 se representa el hinchamiento en función del tiempo, donde el 90 % de las determinaciones experimentales caen en el área rayada del gráfico. El contenido de resina de estas muestras era de 8 % y la densidad media 0,65 g/cm<sup>3</sup>. Como el entumecimiento es un resultado de la absorción de agua, las curvas entumecimiento/tiempo se relacionan estrechamente con las curvas absorción/tiempo.

Un entumecimiento reducido con contenidos más altos de resina se debe, en parte, a una adhesión más fuerte entre las partículas de madera y, en parte, al resultado de la reducción de propiedades hidrofílicas, la cual dificulta el hinchamiento y la penetración capilar de la pieza moldeada.

*Reducción de resistencias después de la inmersión en agua.*—El agua produce efectos perniciosos en la resistencia de todos los productos hechos con madera y partículas o fibras de la misma. La resistencia de paneles de partículas de madera, paneles de fibras, contrachapados, paneles corrugados e, incluso, madera sólida, se reduce cuando absorben una cierta cantidad de agua.

La influencia del agua en las propiedades resistentes de la madera sólida se debe, en parte, al efecto plastificante de las moléculas de agua sobre la celulosa. En piezas de partículas moldeadas, el efecto del agua es reducir la resistencia del enlace partícula-partícula, del mismo modo que se debilitan las uniones fibra-fibra en los paneles de fibras.

El módulo de rotura se determinó antes y después de la inmersión en agua, durante 24 horas. En la tabla 3 se dan algunos resultados típicos.

La pérdida de resistencia es fuerte, pero el efecto pernicioso del agua resultó ser casi inversamente proporcional al contenido de resina.

*Mejoras en la resistencia al agua.*—Puesto que las piezas modeladas con residuos de madera absorben agua, hinchando y reduciendo su resistencia mecánica en contacto con ella, interesa mucho mejorar su resistencia frente a este agente. Para llevar a cabo esto, se incorporaron a las piezas moldeadas cantidades variables de diversos agentes hidrofóbicos.

Se ensayaron varios productos como parafina, Carnauba y ácido esteárico.

Alguna de las ceras puede mezclarse con la resina poliéster antes de la polimerización. Si se usan en gran cantidad, se añaden después del proceso de moldeo impregnando la pieza moldeada con una solución de la cera en un hidrocarburo.

Las ceras tenían un influjo marcado sobre la absorción de agua y el hinchamiento después de 24 horas, como se demuestra en la tabla 4 (piezas modeladas con 8 % de resina y 0,65 g/cm<sup>3</sup> de densidad).

## **Resumen y discusión**

Las distintas propiedades de las piezas de residuos de madera moldeados que aquí se describen y de las que se han dado algunos datos técnicos, parecen garantizar su uso con fines prácticos. La resistencia mecánica es lo suficientemente alta para preparar una variedad de productos. Puesto que las propiedades mecánicas se midieron sobre piezas de ensayo, el módulo de rotura, y en menor escala, la resistencia a tracción, eran mayores que los valores correspondientes obtenidos de ensayos sobre piezas mecanizadas sin moldeo ni prensado. Esto se debe a un efecto de pared de las piezas moldeadas en las que, normalmente, las resinas poliéster se concentran en la capa exterior de la pieza.

*Propiedades resistentes.*—La resistencia mecánica de una pieza moldeada es inferior a la de la misma madera, pero tienen la ventaja sobre ésta de que los distintos factores resistentes son casi los mismos en todas las direcciones. Las piezas moldeadas son isotropas, en tanto que la madera es fuertemente anisótropa.

La forma en que varía el módulo de rotura de la madera sólida y de las piezas conglomeradas, en diferentes direcciones, se expresa en la figura 9. Las medidas del módulo de rotura se hicieron en un número de direcciones sobre un plano y se representaron en un sistema de coordenadas polar como función del ángulo en un giro de 180 grados. Se observará que la madera es fuertemente anisótropa, con valores unas 20 veces superiores en la dirección paralela al grano que perpendicular al mismo.

El módulo de rotura de las dos piezas moldeadas con densidades de 0,65 y 0,80 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, es el mismo en todas las direcciones. La madera sólida ensayada en dirección paralela al grano es mucho más resistente que cualquiera de las piezas moldeadas. Aplicando fuerzas en la madera sólida con un ángulo sobre la dirección paralela, superior a 28 grados, su resistencia se encuentra ya por debajo de la de las piezas moldeadas de densidad 0,8 g/cm<sup>3</sup>.

La resistencia mecánica depende mucho más de la densidad en piezas moldeadas que en la madera sólida.

El módulo de rotura de piezas moldeadas resultó tres veces superior al pasar de 0,4 a 0,8 g/cm<sup>3</sup> de densidad. En la madera, al pasar de 0,4 a 0,8 g/cm<sup>3</sup> de densidad, el módulo de rotura es poco más del doble (5).

*Imperfección en la conglomeración.*—Una cierta proporción de partículas de madera y resina no contribuye a la resistencia total del material, porque las partículas no están perfectamente aglomeradas y porque la resina se distribuye en exceso en la superficie.

Esta imperfección es más pronunciada para pequeñas densidades. Al aumentar la densidad, por elevación de presión de moldeo, el número de uniones partícula-partícula aumenta y resulta mayor el área de contacto total entre partículas. En consecuencia, será posible la aplicación completa del poder conglomerante de la resina. Las piezas moldeadas de densidades altas representan, por tanto, un empleo más eficiente y económico de resinas y desechos de madera, aunque, a veces, por desgracia, sean una desventaja.

La compresibilidad de las partículas de madera es lo bastante grande como para moldear productos con una densidad superior a la madera sólida original.

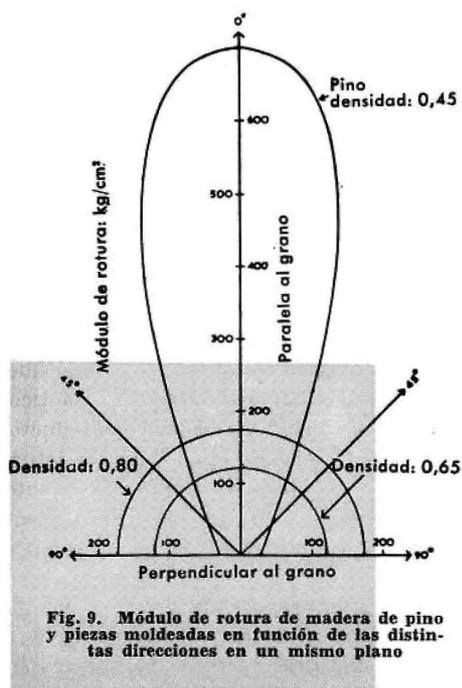


Fig. 9. Módulo de rotura de madera de pino y piezas moldeadas en función de las distintas direcciones en un mismo plano

Resultó que los desechos de maderas blandas se comprimen con más facilidad que los de madera dura. Para una presión dada resulta, por lo tanto, que una pieza moldeada con madera blanda puede ser más pesada que una pieza hecha con restos de madera dura.

*Resistencia reducida frente al agua.*—El punto verdaderamente débil de las piezas moldeadas con desechos de madera es su baja resistencia al agua. Este efecto pernicioso del agua puede remontarse, al menos en parte, haciendo hidrofóbicas aquellas piezas con ceras o estabilizándolas con un elevado contenido de resina. Al absorber agua e hinchar, los cambios dimensionales serán casi los mismos en todas las direcciones. A este respecto, son mayores que en la madera sólida, la cual no sólo es más anisótropa e hinchará con más diferencias en varias direcciones, sino que también, debido a su estructura, se alabeará al absorberse el agua.

No se han hecho ensayos para determinar en unidades reológicas las propiedades del flujo durante el moldeo de la mezcla de partículas de madera y resina. Es natural que esta mezcla, aun con un elevado contenido de resina, exhiba un flujo muy limitado.

No es de esperar, por lo tanto, que las partículas de madera puedan moldearse con el mismo equipo usado en la industria de los plásticos para las resinas termoestables; en este caso, deben emplearse moldes especiales con varios agujeros. Ya se han desarrollado equipos de moldeo, para este trabajo, en Alemania y Francia.

### Desarrollo futuro

El problema de moldear partículas de madera es un problema de demanda, en parte, porque el 90 % de las materias primas consisten en desechos de madera y, en parte, porque el mercado en potencia para los artículos moldeados es muy grande. Las prensas de moldeo y los moldes especiales—ambas cosas necesarias—son muy caros. Por ello, es de esperar que sólo los artículos necesarios en grandes cantidades podrán fabricarse económicamente; esto no es un problema técnico, ya que la operación de moldeo indicada es muy adecuada para la producción en masa.

El futuro desarrollo en este campo se centrará, probablemente, en el mismo proceso de moldeo y métodos para la aplicación más eficiente de las resinas sintéticas. Será necesario reducir al máximo el ciclo de moldeo. La transmisión de calor de las partículas de madera es tan baja que debe emplearse calefacción por alta frecuencia, especialmente para el moldeo de grandes piezas. De lo contrario, el ciclo de moldeo para estas piezas sería tan largo que la capacidad de producción de una prensa resultaría muy reducida para una producción en masa. Como la resina sintética puede ser el factor unitario más caro, será necesario desarrollar métodos y equipos para su aplicación más eficiente.

Queda por realizar mucha investigación básica y técnica para crear una potente industria, aunque las posibilidades son tan grandes que acelerarán pronto este desarrollo.

### bibliografía

- (1) BORGIN, K.: *Development of the Particle board industry in Europe*. J. of S. A. Forestry Ass., 32, 56 (1958).
- (2) Food and Agriculture Organisation of the United Nations. *Fibreboard and Particle Board*. Roma, 1958.
- (3) JOHNSON, E. S.: *Wood Particle Board Handbook*. North Carolina State College, Raleigh, N. C., U. S. A., 1956.
- (4) KOLLMAN, F.: *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*, I y II. Springer-Verlag, Berlín, 1951 y 1955.
- (5) WANGAARD, F. F.: *The Mechanical Properties of Wood*, Wiley, New York; Chapman & Hall, London, 1950.