



La calidad en la madera y evolución de su mejoramiento

Por el Comandante JULIAN DEL VAL, Ingeniero aeronáutico.

Pretendemos dar una idea de la complejidad de la madera como material en la construcción de aviones, que nace principalmente de su falta de homogeneidad, así como señalar las soluciones que para evitarlo ha ido introduciendo la técnica, superando el intento al obtener productos muy homogéneos y de gran calidad.

La heterogeneidad de la madera es la causa de las principales dificultades en el estudio y generalización de las cifras halladas en ensayos de laboratorio y de la inseguridad en su trabajo.

Esta falta de uniformidad en los elementos estructurales se verifica, no sólo en troncos procedentes de árboles distintos, sino en tabloncillos extraídos de un mismo rollo; además, su crecimiento no es exactamente paralelo a la dirección axial, defecto patente en las probetas de laboratorio, en cuya labra longitudinal es imposible evitar el corte sesgado de cierto número de fibras, por excelente que sea la calidad de la madera en rectitud y paralelismo de aquéllas. Pero la causa principal que obliga en algunos casos a modificar las fórmulas de resistencia de materiales en la investigación de cargas unitarias es la diferencia existente entre los módulos de elasticidad y rotura a tracción y compresión, conforme se indica en la figura 1.

Si la flexión, por ejemplo, se efectúa con probetas $2 \times 2 \times 30$ cms., cortadas respecto a fibra en la forma que indica la figura 1, apoyadas y cargadas en su punto medio, el módulo de carga teórico sería:

$$F = \frac{3 P \cdot L}{2 b \cdot h^2} \quad [1]$$

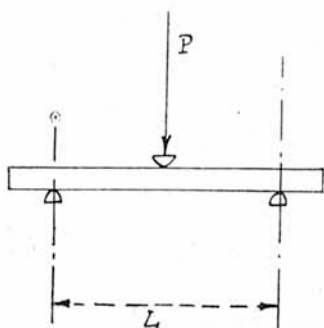
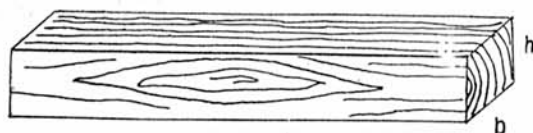
Fórmula clásica inaplicable (Fuji Tanaka) a las escuadrías prácticas de trabajo distintas de las del ensayo, por lo que han de modificarse las cifras de la fórmula [1]; bien entendido que en probetas pequeñas se eliminan defectos que no pueden siempre evitarse en las piezas de mayores secciones, y por tanto, la calidad de la madera influye en distinto sentido que el labrado de forma, puesto que aproxima las condiciones del elemento de trabajo a la probeta de ensayo.

Estas consideraciones nos obligan a modificar la carga unitaria, afectando a la escuadría del ensayo en el exponente de la altura h , cuya disminución experimental será función de la calidad y del labrado de forma.

El exponente n que se adopte puede llamarse *exponente de calidad*, o también de *forma*, aunque creemos más precisa la primera denominación, ya que su valor, más o menos elevado, da idea de la mejor o peor calidad de la madera:

$$F = \frac{3 P \cdot L}{2 b \cdot h^n} \quad [2]$$

Fig. 1



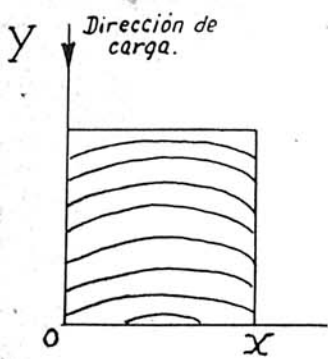


Fig. 2

El exponente correspondiente a una madera se halla por comparación entre ensayos con probeta pequeña y con probeta de escuadría proporcionada a las piezas de utilización.

Si es P la carga media de rotura aplicada en las primeras y P' la correspondiente a las segundas, el exponente modificado será el que iguale las cargas unitarias F y F' , es decir:

$$\log \frac{P' l'}{P l} = \log \frac{b' h'^n}{b h^n};$$

y por tanto,

$$n = \frac{\log P' - \log P}{\log h'/h} + \frac{\log l'/l - \log b'/b}{\log h'/h}.$$

El tope máximo teórico para el valor de n será, lógicamente, 2. En Aviación y en maderas de calidad se ha adoptado para n el valor 10/6, que, sin embargo, deberá hallarse experimentalmente cuando se desee precisión.

En una sección tal como la de la figura 3 vemos que, por disponerse las capas anulares normales a la carga, el módulo Young varía a lo largo de su dirección. Por ello, en el ensayo de flexión antes indicado conviene que la carga se aplique en sentido tangencial a los anillos (fig. 4).

Expuesto someramente la complejidad del estudio de la madera y la inseguridad e incertidumbre que existe siempre en su trabajo, no es de extrañar que se haya recurrido por todos los medios a buscar la homogeneidad, que tanto necesita para completar otras buenas cualidades.

Así nació el *contrachapado* que usaron los chinos hace

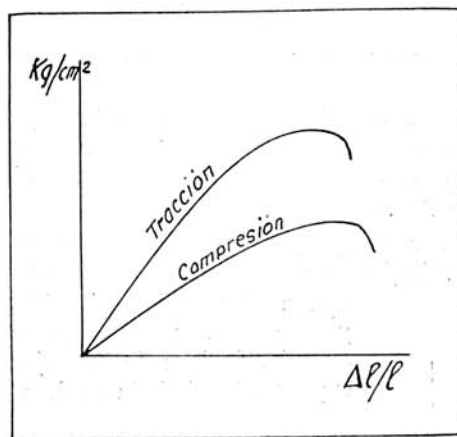


Fig. 4

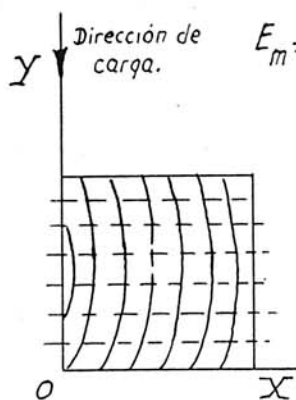


Fig. 3.

el contrachapado, cuya técnica de encoladura aún no está totalmente resuelta. Muy práctico y de gran resistencia es el encolado caliente con película de papel (1934) impregnado con termo-fijante ("Tego-film" y "Plybond").

Las colas caseína y ciertos plásticos ("Kaurit, Aerolite,") con fraguador o endurecedor, permiten un trabajo en frío, más económico y de mayores espesores totales; pero las grandes ventajas de las "resinas sintéticas", ya expuestas en artículos de esta Revista, hacen necesaria la prensa caliente para la polimerización rápida de sus moléculas (fraguado).

El calor, atravesando lentamente la madera, de tan escasa conductividad, produce el fraguado de la encoladura; pero como éste ha de ser rápido, los espesores se limitan mucho en los encolados de estructuras laminares, toda vez que los platos calientes no podrán sobrepasar los 120° C. para no comprometer la madera de contacto. En evitación de roturas interiores en bolsas y ampollas, producidas por ebullición del agua contenida, se obliga a operar con láminas previamente secadas a 3 por 100 de humedad, con los gastos consiguientes de estufa y acondicionamiento.

Estos inconvenientes se eliminan de manera definitiva sometiendo el apilado a encolar en un campo de alta frecuencia u onda corta (de 5 a 15 m.), como aplicación de las experiencias de Abramenco, en el Instituto de Electrofísica de Leningrado (1934). La figura 5 da idea esquemática de un generador de radio-frecuencia, de ondas 5-15 m., de alta potencia (5-10 kw.). La corriente industrial monofásica se transforma (T 3) en alta tensión, que se rectifica (VT1 VT2) en corriente pulsatoria para la alimentación anódica de las osciladoras VO1, VO2, a través de la inductancia de placa L1 (T1 y T2 alimentan los filamentos).

El circuito generador es del tipo "turning plate-turning grid (R1 y R2 dan la tensión negativa de rejilla).

El circuito sintonizado de placa y rejilla se ajusta en resonancia con los condensadores C1 y C2. La energía de radio-frecuencia del circuito tanque se emborna a planchas electrodos de la prensa, a través del acoplo inductivo L1, L2, que permite una regulación progresiva de la energía aplicada.

Con este equipo, las deformaciones sufridas por las moléculas de la madera en su orientación sucesiva a las polaridad del campo (varios millones por segundo), produce una vibración origen del calor y, por tanto, del fraguado rápido de las colas (urea-fenol-formaldehido). Este procedimiento permite encolar a la vez gran número de piezas de espesores mayores de 2 cms., con gran capacidad de producción. Basta aplicar en una prensa fría antigua (hidráulica o de tornillos) los electrodos de un equipo de alta frecuencia (fig. 6) para obtener un encolado rapidísimo, produciendo un calor uniforme en todos los tableros o conjuntos a encolar. La onda corta facilita el uso en gran escala de

2.000 años y ha sido descubierto en las tumbas de los Faraones. En el siglo XVIII Chipendale lo asimiló técnicamente a su ebanistería, pero no se industrializó, si bien aisladamente, hasta 1884, generalizándose en 1890 con la invención del corte rotativo.

En Aviación es familiar, desde hace muchos años,

las resinas sintéticas termo-fijantes, en las que siendo la temperatura de fraguado sólo de unos 80° C., no se precisa un previo secado de la madera. Los trabajos deben apantallarse para seguridad de los operadores.

Este proceso es de gran aplicación en el "avión plástico" de madera mejorada, y aun impregnada con soluciones alcohólicas de resinas fenólicas, y prensada sobre mol-

En la actualidad se estudia la denudación total de la fibra de la madera, a la que se hace soporte de ciertos compuestos de obtención artificial, aprovechando exclusivamente los elementos resistentes y rellenando los espacios entre fibras con material de mayor coeficiente a compresión y sin higroscopicidad.

Por este último procedimiento, de la madera no queda

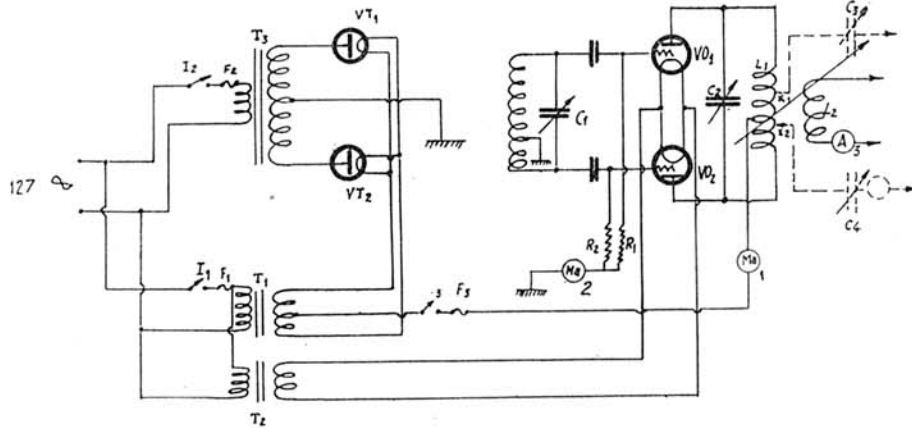


Fig. 5

des en lugar de placas planas. Así pueden fabricarse fuselajes de avión y otras piezas, en las que la madera ha sido vaciada de su aire y humedad y sustituidos con la resina de impregnación hasta un 20 por 100 de su peso, proporción tope para no comprometer demasiado la resiliencia del producto.

más que su osamenta, modificando por completo su naturaleza exterior. Un paso más y la madera habría quedado totalmente sustituida. ¿Llegará ese momento? Sinceramente creemos que no, ya que en principio las resinas necesitan un entramado interior, para el que la fibra de la madera es excelente por su ligereza y resistencia a tracción.

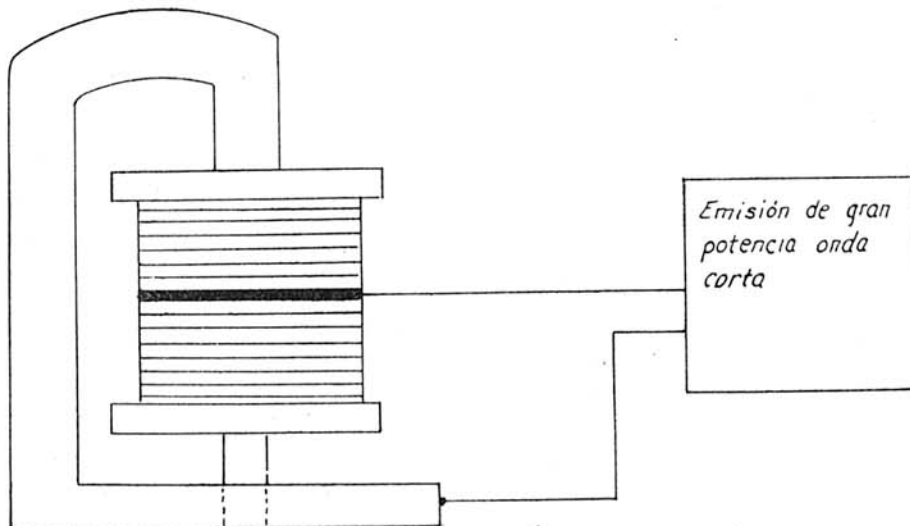


Fig. 6