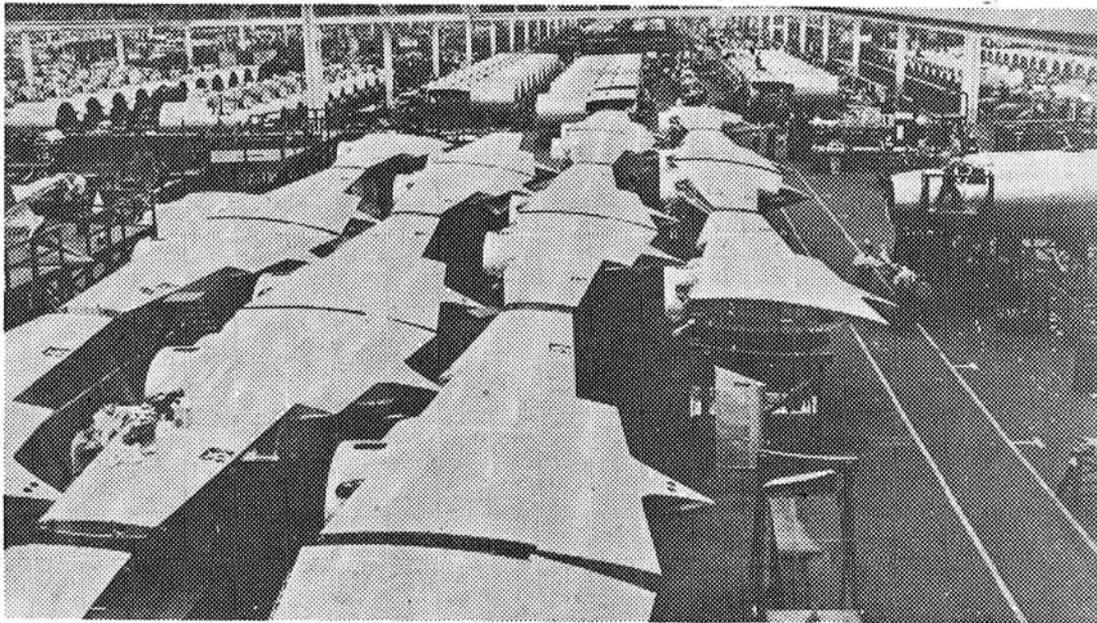


LOS MATERIALES SINTÉTICOS, BASE FUNDAMENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE AVIONES

Por el Capitán ROMÁN ARROYO, Ingeniero aeronáutico.

Las resinas artificiales tienen cada día mayor empleo en la construcción de aviones. Han dado lugar a las "maderas mejoradas", empleadas actualmente en la construcción aeronáutica, sustituyendo a veces con ventaja a las aleaciones ligeras.



Sala de montaje de la Casa Glenn L. Martín. Esta firma construye actualmente los fuselajes de "maderas mejoradas".

Madera, aceros, aleaciones de aluminio, de magnesio y de berilio, son los materiales que la industria aeronáutica utiliza para la construcción de elementos resistentes de los aviones. El empleo de uno u otro está siempre condicionado a muchas razones, de resistencia y peso, características de trabajo y aun autárquicas.

La madera fué en otro tiempo el material base, y a pesar de que ya en el año 1915 Junkers lanza su avión metálico "J-1" de acero, y del acero pasa al duraluminio, desarrollando una técnica de construcción que se impone en todas partes, han seguido construyéndose aviones de madera.

El dural y las modernas aleaciones de Al, más resistentes que él; el electrón, empleado no sólo en piezas fundidas, sino como semiproductos, laminados y prensados, y aun las aleaciones de berilio, todavía en el terreno experimental, unidos a los aceros especiales, de aplicación obligada en muchos casos, son los materiales metálicos que terminaron con la preeminencia de la madera, sin conseguir eliminarla totalmente.

Bien es verdad que del uso primitivo de la madera a los contrapauques actualmente usados, media una diferencia muy grande; se han mejorado sus características en todos los órdenes, no sólo por disposición adecuada de las láminas al formar el contrachapeado, sino por el uso de colas y aglutinantes especiales. Sin embargo, ni las colas más resistentes, de caseína y de albúmina, lograban impermeabilidad perfecta y no estaban libres de moho, a pesar de que en las Indias Holandesas, con su clima húmedo y cálido, los aviones "Fockers" de madera, de los que solía decir su constructor que "cualquier fabricante de cajas para tabacos podía repararlos", llegaron a estar quince años en servicio.

Las colas a base de resinas artificiales "Tegofilm" y "Kaurit" son un paso decisivo a la obtención de las "maderas mejoradas", tal como en los últimos años se emplean en la construcción de aviones. La base de estas colas son siempre productos orgánicos de condensación, generalmente del tipo de las bake'itas, cuyo proceso de formación describiremos lgeramente a continuación, ya que su conocimiento nos aclarará

DIN 7701. Corresponden a diferentes productos alemanes, tales como los llamados "Trolitan", "Hares", "Thesit", "Neolit", "Pertinax", etc.

CARACTERÍSTICAS	RESINA ARTIFICIAL CON			
	Serrín	Fibra inorgánica	Alma de papel	Tejido
Carga de rotura a tracción Kg/mm ²	2,5	2,5	12	2,5
Carga de rotura a compresión Kg/mm ²	20	12	15	14
Carga de rotura a flexión Kg/mm ²	7	7	13	6
Carga de rotura a flexión por choque Kg/mm ²	0,06	0,15	0,25	0,12
Módulo de elasticidad Kg/mm ²	800	1.600	1.100	1 000
Densidad Kg/dm ³	1,4	1,8	1,4	1,4

El principal empleo, sin embargo, de las resinas sintéticas en su aplicación aeronáutica es para la obtención de las "maderas mejoradas" que antes mencionábamos.

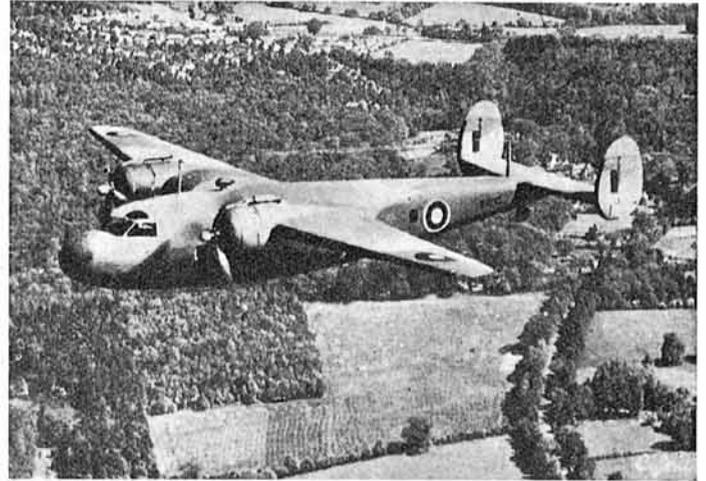
En los últimos años, numerosas firmas aeronáuticas, principalmente de Inglaterra y los Estados Unidos, han comenzado a construir los llamados "aviones de material sintético", en los que todos sus elementos resistentes son de este tipo de madera bonificada; algunos, avionetas pequeñas totalmente logradas; otros, aviones pesados en vía experimental aún, utilizando con mucha frecuencia revestimientos de contraplaqués especiales, como en los tetramotores "Albatros", de la Casa Havilland.

La evolución hacia este tipo de construcción está, sin duda, influenciada por la carencia de aluminio. En el "Programa de la Victoria" para el bienio de 1942-43, la fabricación de los 185.000 aviones supone una cantidad de aluminio necesario muy superior a las 150.000 toneladas año, en que se evalúa la producción de las más importantes firmas de Estados Unidos (Alluminium Company of America y Reynolds Metal Company), dando por descartado que esta cifra se haya incrementado notablemente.

Pero independientemente de estas razones autárquicas, las "maderas mejoradas" se prestan ventajosamente a ser utilizadas en la construcción aeronáutica. Desaparecen los principales inconvenientes de la madera, son incombustibles, resistentes a la corrosión y a los agentes atmosféricos; su grado de humedad es casi constante, y sus características mecánicas se incrementan y uniforman de manera que los valores específicos de resistencia son hasta superiores a los de las aleaciones ligeras.

Citaremos dos ensayos hechos con maderas de haya y de abedul, según el proceso de impregnación que luego expondremos:

En el primero, una madera de haya, después de tratada, había alcanzado una densidad de 0,95: su grado de humedad se mantuvo constante (8 por 100) después de cincuenta horas en agua. Su resistencia a la compresión, que antes era de 8,5 kg/mm², llegó a alcan-



"Flaming", de la Casa Havilland.

zar el mismo valor de 19 kg/mm², que a tracción. Su coeficiente de resistencia específica era, pues, de

$$\frac{19}{0,95} = 20.$$

Con abedul, la densidad aumentó hasta duplicar su valor inicial de 0,63, mientras la carga de rotura a tracción había pasado de 19,6 a 27,6 kg/mm², y a compresión, de 9,95 a 22,7. El grado de humedad, después de estar sumergida veinticuatro horas en agua, sólo aumentó un 1,2 por 100, mientras un trozo de abedul sin tratar, en el mismo tiempo, aumentó hasta 31 por 100. En este caso, el material resultante, para un valor medio de resistencia, alcanzó un coeficiente de

$$\frac{25}{1,26} = 19,8,$$

superior al coeficiente 15 del dural de 42 kg. y aun al de las más resistentes aleaciones ligeras, al Ni-Ti, de 50 kg/mm², para las que llega a 17,9.

Nos encontramos con un material consistente y homogéneo que no astilla al quebrarse, muy pasivo a las influencias externas y con gran capacidad de amortiguamiento. Sin embargo, se hace notar el material sintético por su pequeño alargamiento de rotura.

Sin duda, la preparación de las maderas bonificadas fué consecuencia de la observación de las diferentes cualidades de las maderas resinosas, con y sin resina natural. Parece lógico pensar que inyectando más cantidad de resina, las propiedades sean mejores. Los primeros ensayos se hicieron bajo esa idea: impregnar a fondo la madera con resinas artificiales en estado A, a gran presión, más de 100 atmósferas y a temperaturas de 100° para que penetre profundamente. Sin embargo, sólo se consiguieron penetraciones del orden de 5 mm. en la dirección de las fibras, y menos aún en la dirección perpendicular a ellas.

Eliminando el aire y la humedad de la madera por medio del vacío, se consiguieron mayores penetraciones, y consecuentemente, mejores propiedades. Hay que tener presente no sólo que aumenta el peso específico, sino que la cantidad de resina no debe pasar del 50 por 100, ya que la madera resultaría quebradiza.

El empleo más frecuente es formar contraplaqués especiales, constituidos por delgadas chapas de madera de 0,5 a 1 mm. de espesor, impregnadas de resina, y entre las que se intercalan láminas muy delgadas, de espesores la décima parte, de este material sintético, en su primer o segundo estado de transformación (A o B). Prensando en caliente, se logra una penetración suficiente entre las fibras de la madera y el paso al estado duro (C) de la resina.

Otras veces se forman con un alma más gruesa de otra madera, o bien de corcho, reforzado por una malla metálica en el centro.

Estos contraplaqués se prestan magníficamente como material para revestimiento. Sus uniones, sin remaches, permiten lograr una superficie totalmente lisa; los espesores mínimos necesarios son suficientemente resistentes a las abolladuras, y si bien el utilaje necesario, principalmente las matrices y moldes, son muy caros, no tiene importancia su precio en las grandes series, máxime cuando se ahorra el lento trabajo del remachado.

Veamos a continuación el proceso necesario para el empleo de este material en la construcción de aviones.

Para conseguir el endurecimiento de las resinas artificiales es necesario llegar a temperaturas altas, hasta de 180°, según los tipos, y dada la pequeña conductibilidad de la madera, al tratar de llegar a esas temperaturas en bloques gruesos se quemarían los bordes y comenzaría a destilar la madera. Por esta razón se han suprimido actualmente los antiguos procedimientos de vapor de agua recalentado, prensas calientes, etcétera. El endurecimiento se logra por un dispositivo eléctrico de alta frecuencia, de forma que situadas las placas metálicas que actúan de electrodos a los lados del bloque de madera impregnada el calor penetra uniforme y rápidamente en él y sin quemar las capas exteriores.

Para otros tipos de resina existen agentes catalizadores de la reacción de condensación, que en frío producen su endurecimiento. Recuérdese el "endurecedor" para la cola "Kaurit", empleada con mucha frecuencia en las reparaciones de aviones de madera.

El procedimiento norteamericano "Aeromold" sigue un proceso intermedio, ya que utiliza resinas que, según parece, se endurecen a temperaturas de 90°, quizá con ayuda también de un catalizador, en un tiempo muy breve: una hora aproximadamente.

Otras veces se emplean resinas artificiales termoplásticas; se necesitan temperaturas y presiones más bajas; pero tiene el inconveniente de que al calentar de nuevo para unir otras piezas se ablanda y se deforma.

Las presiones necesarias son muy variables: de 3 a 15 atmósferas en tiempos variables desde minutos a horas, según los espesores y forma y los tipos de resinas utilizadas. Se llega a presiones hasta de 200 atmósferas, con las cuales la madera se hace más sólida y pierde sus poros. No obstante, prácticamente, a partir de las 80 atmósferas, no hay aumento de resistencia, y parece que los valores que se alcanzan son independientes de las maderas bases empleadas.

Generalmente, la presión suele ser de unas 20 atmósferas, y se da, cuando se trata de piezas pequeñas, en prensas hidráulicas, y tratándose de piezas grandes, fuseajes, alas, se utiliza media matriz, sobre la que apoya la parte exterior, e interiormente se disponen unas bolsas de goma, que con aire comprimido o vapor de agua las presan contra la matriz a la temperatura deseada, obteniendo una superficie exterior lisa.

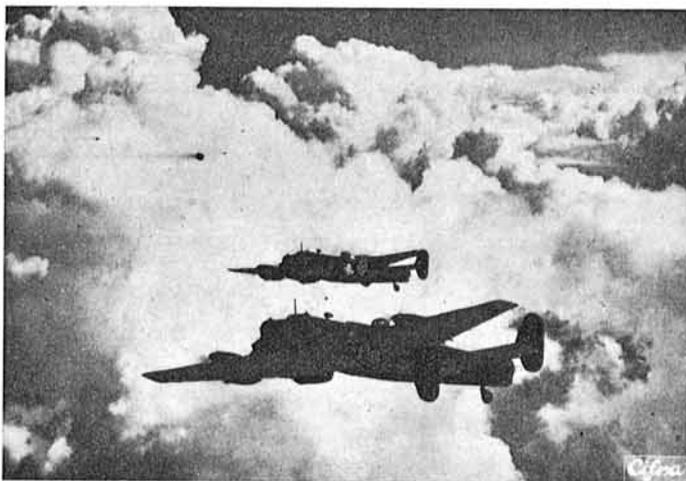
Así en el proceso "Duramold" se disponen sobre dos medios moldes del fuselaje láminas de madera de espesores menores de 1 mm., con sus fibras cruzadas a 45°, intercalando entre ellas una película de resina tipo fenólico. Una vez dispuestas, se coloca una almohadilla de goma, que adapta las chapas a la matriz. Se la lleva entonces a un horno, donde a la temperatura conveniente, y por medio de presión en las bolsas de goma, se logra una impregnación perfecta.

El proceso, por tanto, es variable según las distintas firmas, y no hay uniformidad en cuanto al tipo de resina utilizada, siendo, por tanto, variables las proporciones de resina, los procedimientos de impregnación, las presiones empleadas y el agente endurecedor, aunque éste sea térmico en la mayoría de los casos.

Los ensayos continúan y los procesos de trabajo evolucionan constantemente. Son muy numerosas las patentes que se registran sobre estos procedimientos por las firmas que se ocupan de la construcción de estos aviones sintéticos. Mencionaremos las Timm A. C., con sus avionetas de turismo y escuela; Fletcher A. C., que con su procedimiento Plyweld emplea menos de media hora en el recubrimiento de un ala. Los citados tetramotores de la Casa Havilland; Howard, Hughes, Fairchild, etc., etc.

Parece, por tanto, que el nuevo procedimiento no ha de limitarse exclusivamente a esta época de guerra, sino que puede llegar a desplazar totalmente el tipo de construcción actual.

Destacamos, para terminar, la creación reciente en los Estados Unidos del Laboratorio de Productos Forestales, dedicado a continuar estas experiencias y fundado con un millón de dólares.



"Halifax", en cuya construcción figuran en gran escala los materiales sintéticos.