

La hélice de 1951 gira cinco veces más rápida que la de 1945

Por Y. MARCHAND

(De Science et Vie.)

Existía la tendencia hace poco tiempo a considerar que por su velocidad el porvenir pertenecía exclusivamente a los aviones de reacción. Este veredicto que condenaba la hélice era un poco prematuro. Se promete a las hélices, que en el curso de estos últimos cinco años han evolucionado mucho, un brillante periodo de supervivencia.

Hace algunos años, después de que el advenimiento del turborreactor permitiera a los aviones acercarse a la velocidad del sonido y al avión-cohete sobrepasarla en mucho, era corriente admitir que el dominio de las velocidades transónicas y supersónicas estaba reservado a los aparatos de reacción. Incluso se estimaba que sería imposible rebasar la velocidad del sonido con un avión de hélice. A velocidades "débiles" (inferiores a los 700 km/h.), el motor de émbolo conserva cierto número de ventajas: economía, empuje elevado al despegue, etc. Además, podía perfeccionarse particularmente en relación a la recuperación, por medio de turbinas, de los gases de escape (motor "compound"). Durante algunos años se investigó en este sentido.

Ciertamente que el nacimiento de la turbina de gas había originado otra categoría de motores: los turbohélices, que, como su nombre indica, combinan la turbina de gas con la hélice. Unían la ligereza y la simplicidad de los turborreactores a ciertas ventajas de los motores de émbolo (el empuje elevado al despegue). Pero su consumo, aunque algo inferior al de los turborreactores, continuaba siendo más elevado que el de los motores alternativos, ya que pesaba de los 300 gramos por caballo-hora, y sólo Inglaterra creía en su porvenir. Así, la sorpresa fué grande cuando se supo hace algunos meses que los Estados Unidos, en el mayor secreto, habían puesto a punto turbohélices cuyas características sobrepasaban a las obtenidas antes, sin llegar a consumir más que 280 gramos de combustible por caballo-hora. El turbohélice podía considerarse rentable.

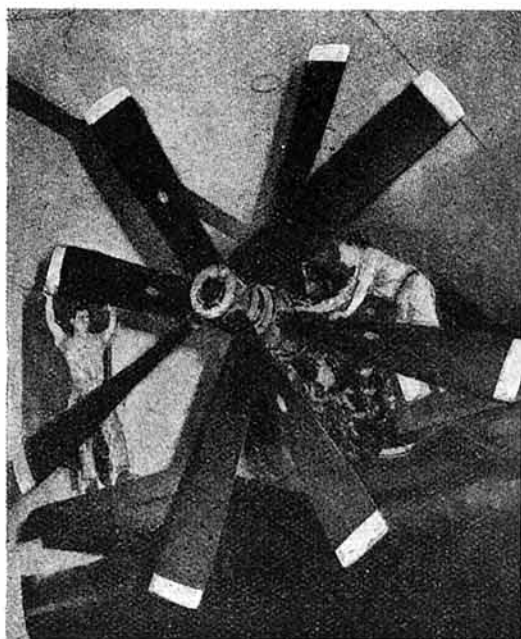
Se sabía ya que permitía, además, obte-

ner en el eje de hélice potencias muy superiores a las del motor de émbolo, cuyo número de cilindros no puede aumentarse indefinidamente. Los ingleses habían construido un grupo de dos turbohélices acoplados: el Bristol "Coupled Proteus", de 6.400 cv., y sobre este mismo principio en el Allison T-40, de 5.500 cv. Pero se comprende después del anuncio de la construcción de turbohélices tales como el Northrop "Turbodyne" XT-37, de 10.000 cv., que se han visto obligados a revisar la cuestión de la propulsión propiamente dicha.

Este considerable aumento de la potencia disponible en el eje de hélice plantea un problema que los constructores empezaron a estudiar hace algunos años. En cierta medida lo resolvieron. Se trataba de transformar, con un rendimiento aceptable, el par motor en un esfuerzo de tracción útil y mantener constante este rendimiento aun a velocidades muy elevadas (transónicas o incluso supersónicas) que permite esperarse con las nuevas potencias. Esto condujo, no sólo a calcular nuevamente las dimensiones de las palas y su velocidad de rotación, sino también a determinar nuevas formas y perfiles, adaptados a muy grandes velocidades. Parece que se han obtenido ya excelentes resultados en los Estados Unidos por tres grandes constructores (Aeroproducts, Hamilton Standard y Curtiss Wright), y en Gran Bretaña, por Rotol.

La hélice encuentra mucho antes que el ala la "barrera del sonido".

Si se considera un punto de una hélice de un avión, éste describe una trayectoria helicoidal con una velocidad que puede descomponerse en dos partes: la primera es



Las palas anchas en el extremo, rectangulares y muy delgadas son las que mejor resultado han dado para las velocidades transónicas y supersónicas.

igual y paralela a la velocidad del avión, y la segunda, la velocidad de rotación de la hélice. Esta es pequeña en los puntos situados cerca del eje de rotación, aumenta con el radio de giro, convirtiéndose en la extremidad de las palas en más importante que la primera, y, "a fortiori", la velocidad de la hélice, suma de ambos componentes, aumenta con dicho radio de giro.

Cuando la velocidad del avión sobrepasa los 7/10 de la velocidad del sonido (es decir, alrededor de los 850 km/h.), la extremidad de las palas de la hélice se halla ya en régimen transónico, o incluso supersónico. A estas velocidades críticas, las leyes de la aerodinámica cambian rápidamente, porque se manifiesta la compresibilidad del aire; el rendimiento de la hélice decrece en forma muy acusada: en cuanto la extremidad de las palas ha sobrepasado los 300 m/s. (1.080 km/h.), cada aumento de 30 m/s. de su velocidad se traduce por una baja del rendimiento en un 10 por 100, aproximadamente.

No es nada nuevo el hecho de alcanzarse en el extremo de las palas velocidades sónicas y hasta supersónicas; pero existe una

importante diferencia entre la hélice cuyas extremidades funcionan en régimen supersónico y la hélice de un avión supersónico, y por ello el problema debe ser atacado de frente.

Analogía entre la hélice y el ala.

En esta investigación, los constructores de hélices han podido aprovecharse de la experiencia adquirida en el curso de vuelos transónicos y supersónicos de aviones a reacción. Para alcanzar el dominio transónico, los aparatos han tenido que sufrir modificaciones que principalmente abarcan la forma y perfil de sus alas. Con los perfiles clásicos, efectivamente, se observa en la proximidad de la velocidad del sonido, un brusco descenso de la sustentación, al mismo tiempo que aparece un aumento de la resistencia al avance. Para retrasar lo más posible y aminorar estos fenómenos, se ha llegado a dos soluciones: el ala en flecha y el ala delgada.

Estudiando el reparto de presiones en una sección recta de pala de hélice, se ha visto que presentaba una notable analogía con la de un perfil de ala. En uno y otro caso, si se descompone el resultado de las presiones en dos fuerzas, una paralela a la velocidad de desplazamiento y la otra perpendicular, se ve que sus variaciones en función de la velocidad obedecen a las mismas leyes. Estas dos fuerzas, que para el ala son la sustentación y la resistencia al avance, se convierten para la hélice en la tracción útil y la resistencia al par motor.

Si se compara la sustentación del ala a la tracción de la hélice, se comprueba que esta última es máxima para la sección situada a 80 por 100 del radio total, a partir del buje, y que decrece rápidamente en la punta de la pala, como ocurre en la extremidad marginal de un ala.

Por ello se ha tratado de introducir en la hélice los procedimientos adoptados en el ala para reducir los efectos de la compresibilidad.

La solución que consistía en disminuir la velocidad de la hélice fué abandonada, ya que ello acarrea consecuencias poco favorables a un alto rendimiento; en efecto, la potencia transmitida por el motor no varía, y para que fuera absorbida de igual manera por la hélice es necesario aumentar el

ángulo de ataque y la longitud de sus palas. El aumento correspondiente de las pérdidas de energía acaba por hacer descender el rendimiento total de la hélice. Se ha proyectado modificar su forma, y se ha hallado que al ala en flecha del avión corresponde la pala de hélice denominada "hoja de sable". Según estudios efectuados desde 1946 por la Curtiss Wright, la ganancia en rendimiento obtenida al pasar de la pala recta a la pala en "hoja de sable" alcanza cerca de un 7 por 100 a 965 km/h.

Por otra parte, se ha podido aplicar a las hélices, con resultados excelentes, el principio de los "perfiles laminares", en los cuales la sección transversal máxima o sección de espesor máximo se ha corrido hacia atrás, mientras que el borde de ataque es muy afilado, permitiendo un mejor deslizamiento del aire y reduciendo la zona de remolinos.

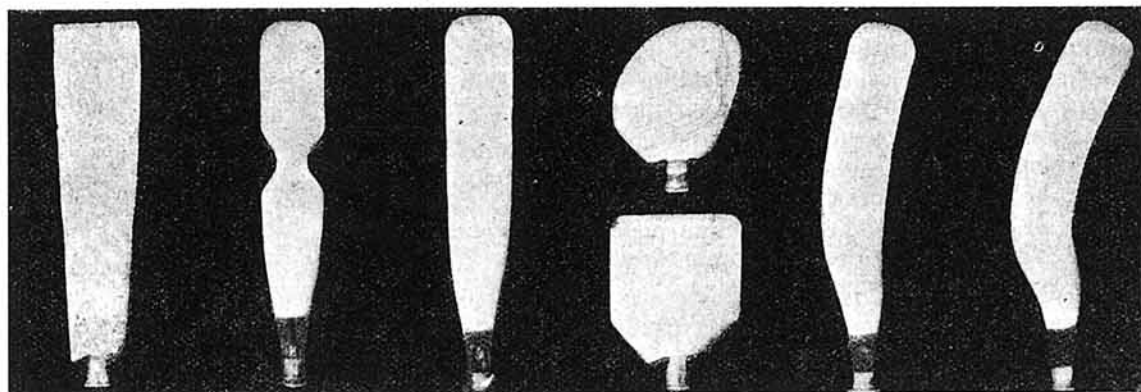
¿Resultaba posible combinar estas dos soluciones, que por separado eran buenas? En teoría, sí. En la práctica, los constructores vieron rápidamente que la flecha que va en el ala tiene algún inconveniente, que plantea para la hélice arduos problemas de resistencia a los esfuerzos y que, por otra parte, obtienen resultados sensiblemente análogos con perfiles simplemente afinados. Hamilton, que puso a punto la hélice de "extremidad cuadrada" hacia 1946, hizo el experimento en tres hélices: la primera era una hélice clásica, utilizada durante la guerra; la segunda, una hélice en "hoja de sable", y la tercera, con un perfil delgado. Esta última resultó ser la que dió un rendimiento más alto.

Las nuevas hélices, con su espesor reducido a la mitad, poseen, con relación a las hélices clásicas, un rendimiento relativamente elevado hasta los 950 km/h. Para obtener esta misma mejora a la velocidad del sonido sería necesario reducir aún más este espesor, en la proporción de 1/3; aun así no resulta más que el 2 por 100 de la cuerda del perfil en extremidad de pala (6 por ciento para las actuales hélices).

Diámetro, longitud y número de palas.

Existe aún otra cuestión que interviene directamente en el rendimiento: la potencia. Efectivamente, los nuevos turbohélices desarrollan potencias enormes, del orden de los 5.000 cv., que transmiten a la hélice. Según su rendimiento, una mayor o menor parte de la energía que se le proporciona se transforma en tracción útil, perdiéndose el resto; pero cuanto mayor sea esta energía, más grande tendrá que ser la hélice para absorberla.

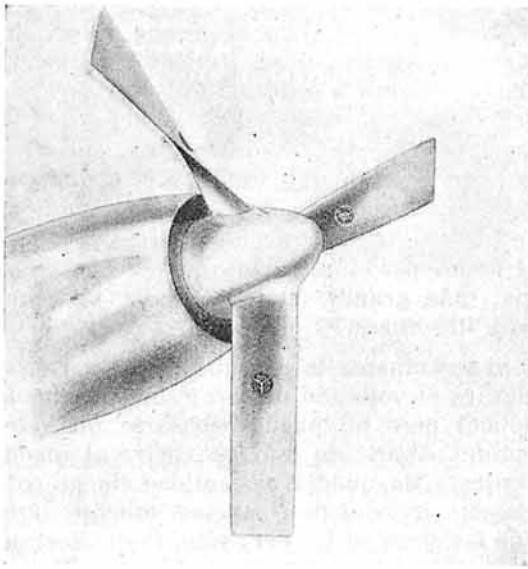
Si se aumenta la longitud de las palas, se elevará el volumen de aire removido por la hélice; pero no puede rebasarse un valor óptimo. Aparte de esto, se vuelve al inconveniente de que la extremidad de la pala alcanza velocidades sónicas mucho antes que las otras partes del avión. Pero, en cambio, si se aumenta el número de palas, a igualdad de superficie total de estas últimas, crece el rendimiento de la hélice. Comparando hélices de palas idénticas, resulta evidente que la hélice tripala da un resultado superior al de la hélice bipala. Sin embar-



Las formas más raras de hélices (sugeridas por consideraciones teóricas) han sido probadas en el túnel. En la fotografía vemos algunas de estas hélices para el vuelo a velocidades transónicas y supersónicas.

go, no podría multiplicarse indefinidamente el número de palas, por lo que actualmente se utiliza bastante la hélice doble, que está constituida por dos hélices que giran en sentido contrario sobre un mismo eje, empleándose en la mayoría de los aviones dotados de turbohélices.

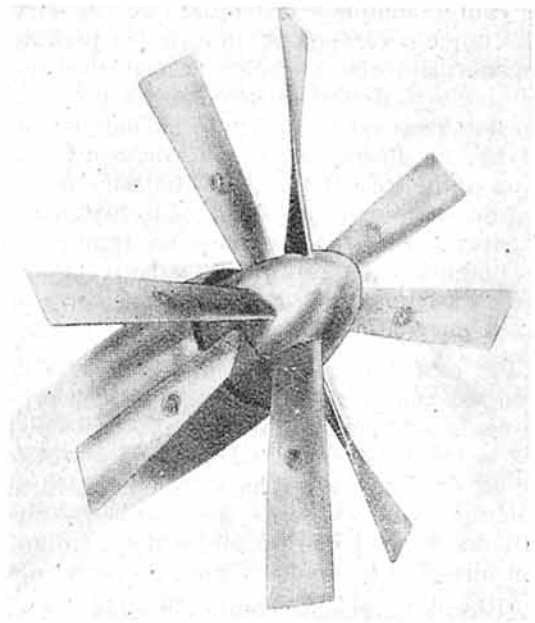
Sin embargo, la casa Curtiss, en busca de una solución nueva, estudia una hélice sencilla de ocho palas, con intención de probarla en el McDonnell "Woodoo".



Hélice sencilla tripala para altas velocidades subsónicas.

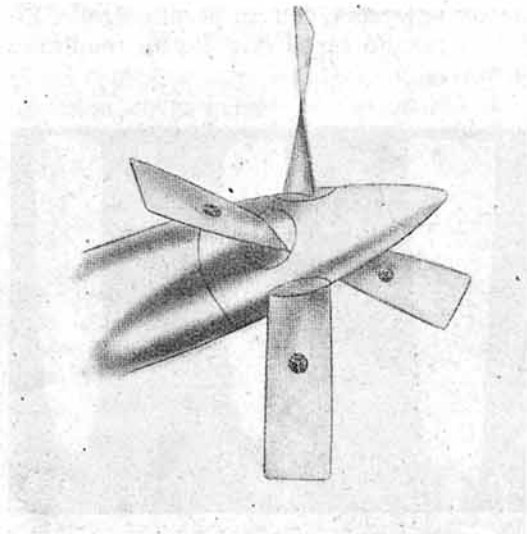
La firma Hamilton ha resuelto el problema con la hélice de extremo cuadrado, aumentando la anchura de las palas con relación a su espesor, aumentando con ello la cantidad de aire batido por cada pala. La mayor anchura de éstas se halla en su extremidad, donde las velocidades son máximas. Como en esta parte el espesor es débil, el aumento de peso que resulta del aumento de anchura no necesita una variación similar en el espesor de la pala, que podría creerse indispensable desde el punto de vista de resistencia de materiales.

Cuando en la mayor parte de la pala se alcanza la velocidad del sonido, la resistencia al avance de las secciones de la pala situadas cerca del buje, que son las de mayor espesor, adquieren excesivos valores de resistencia, usándose, entre otros procedi-



Hélice doble cuatripala contrarrotativa para velocidades transónicas.

mientos susceptibles de reducirlas, el de carenar el buje de la hélice, que ha dado excelentes resultados. Este carenado debe hacerse en proporciones muy desarrolladas, y los extremos interiores de las palas pueden hallarse completamente ocultos. En estas condiciones se consideran aceptables los rendimientos hasta 1.125 km/h.



Hélice sencilla cuatripala para velocidades supersónicas.

Hélices que giran cinco veces más rápido.

Estas consideraciones corresponden mientras el avión permanece en el dominio subsónico, pero el acceso a la velocidad supersónica trae consigo algunas modificaciones. La tracción de la hélice es proporcional al producto de la masa de aire batido por la velocidad impresa a este aire, y es mucho mayor si es la masa del aire y no la velocidad lo que se aumenta. Por esto existía la tendencia de aumentar cada vez más el diámetro de las hélices, que alcanzaba hasta cinco o seis metros. Pero después de comprobar que la velocidad del sonido alcanza ya a la extremidad de las palas—lo que, además, se produce antes cuanto mayor es la hélice—, se detuvo este aumento de los diámetros, debido al gran aumento de su resistencia.

En régimen supersónico, el aspecto del problema cambia; aquí es más interesante elevar la velocidad impresa al aire por la hélice que aumentar la masa de aire batido. Si la hélice llegara a girar más rápidamente sin pérdida apreciable de rendimiento, no sería ya necesario, a igual potencia absorbida, aumentar su diámetro. Este podría no pasar de los 3 a 3,5 metros en hélices para 5.000 cv. Esta rotación acelerada proporciona otra apreciable ventaja: la de suprimir en parte el engranaje reductor. Se sabe que en las hélices clásicas es necesario reducir en la proporción de 10 a 1 la velocidad de rotación, muy elevada, de los turbohélices que las accionan; tal proporción impone una reducción doble.

Es de suponer que las nuevas hélices permitirán proporciones una mitad menos elevadas, es decir, de 5 a 1 aproximadamente, lo cual sólo exige una sola reducción; se concibe la economía de precios y de pesos que resultará con ello. Ya se han obtenido destacados resultados experimentales, y ciertas hélices han alcanzado velocidades de rotación de 8.000 r. p. m. (el máximo de las hélices clásicas es de 2.000 r. p. m.).

Otra ventaja: las pequeñas dimensiones de estas hélices permitirán disminuir su distancia al suelo y con esto acortar de forma no despreciable las patas del tren de aterrizaje, lo que traerá consigo el correspondiente aligeramiento de peso del avión.

Estas ventajas, unidas a las destacadas

cualidades de los más modernos turbohélices, aseguran al conjunto un elevado rendimiento, que no sólo iguala el del turbo-reactor en las grandes velocidades, sino que indiscutiblemente es superior a él al despegue (donde necesita una menor longitud), en la subida y, de forma general, en velocidades inferiores a los 500 ó 600 km/h.

Las realizaciones.

Ciertamente que se estaba lejos de esperar estos resultados, pues sólo se admitía hasta hace poco que la gama de velocidades del turbohélice no pasaría de los 700 u 800 km/h. y que el dominio transónico pertenecía al turborreactor. La situación ahora cambia: con las hélices transformadas y en pruebas con modelos reducidos se han obtenido rendimientos satisfactorios hasta el 92 por 100 de la velocidad del sonido, es decir, 1.100 km/h. al nivel del mar. Lo cierto es que la preferencia por el nuevo turbohélice no cesa de aumentar, y ya se cuenta con múltiples aplicaciones del mismo en dominios que sólo se juzgaba reservados al turborreactor. En los Estados Unidos, en Francia y en Inglaterra se espera obtener con varios prototipos provistos de motores de este tipo marcas muy destacadas. Señalemos el Douglas A-25 "Skyshark", americano, con motor Allison T-40, equipado con hélices tripalas contrarrotatorias coaxiales; en Francia, el Breguet 960 y 961, cazas de la Marina y de la Aeronáutica, respectivamente, de propulsión mixta (turbohélice y turborreactor), y, por último, los aviones antisubmarinos británicos, presentados recientemente en Farnborough durante la Exposición anual de la industria aeronáutica: el Blackburn YB-1, el Fairey 17, el Short SB-3, provistos de turbohélices Armstrong-Siddeley "Mamba", sin hablar del Westland "Wyvern", ya presentado en 1949, y del cual va a empezar su construcción en serie.

En Estados Unidos se considera posible que de aquí a un año, aproximadamente, pueda un turbohélice franquear la barrera sónica.

Parece ser que el turborreactor, si su rendimiento no mejora, llevará la peor parte en esta competición, y, en contra de lo que muchos pensaban, la hélice está aún muy lejos de haber terminado su carrera.