

## Hélices para aviones supersónicos

El desarrollo tan rápido de la propulsión por reacción, que poco a poco se va imponiendo en los diversos dominios de la Aviación, no ha dejado al principio de inquietar a los constructores de hélices.

Sin embargo, el nuevo modo de propulsión, con las elevadas velocidades que permite y las enormes cantidades de combustible que consume, parecía estar solamente reservado a los aparatos militares, en los cuales el punto de vista de ciertas características priva sobre el del rendimiento económico; al menos esto fué lo que pensaron los fabricantes de hélices y gran parte de la opinión pública.

Pero tras los cazas fueron los bombarderos de reacción; y tras estos la extraordinaria revelación del "Comet" británico que apareció en el verano último como avión de transporte de reacción de largo alcance, construido por De Havilland y seguido por el Avro Canadiense "Jetliner" y otros proyectos americanos actualmente en curso.

Poco tiempo antes Fouga había presentado en Francia su planeador motorizado de reacción "Silphe", el primero en su género, demostrando que el reactor de pequeña potencia (1) presentaba un interés real para el turismo aéreo.

Ante esta competencia, cada vez más seria, los fabricantes de hélices empezaron a inquietarse en mayor grado; ¿su especialidad iba a perder su puesto en la industria aeronáutica, en el momento mismo en que, a costa del beneficio de una larga experiencia, habían logrado producir hélices con rendimientos superiores al 80 por 100 a velocidades de 800 kilóme-

tros por hora? Esto no dejaba de ser alarmante.

Gran Bretaña, sin embargo, prosiguió sus experiencias sobre turbohélices. Ella sola, pues aparentemente los Estados Unidos orientaban su actividad hacia el motor-compound, en el cual veían una transición antes de la adopción general del reactor. Inglaterra no abandonó por tanto un tipo de propulsor (el turbo-hélice) que ella estimaba ser la fórmula del porvenir y no se dejó desilusionar por las dificultades de las primeras realizaciones. A su vez, los Estados Unidos anunciaron hace pocos meses la construcción, que habían tenido secreta, de turbopropulsores cuyas "marcas" sobrepasaban todas las obtenidas anteriormente. Los fabricantes de hélices volvieron a recuperar su confianza; todavía habría trabajo para ellos; todavía seguirían existiendo aviones con hélices, y al parecer, por mucho tiempo.

El turbohélice no se muestra en efecto como la fórmula de transición que se le había supuesto al principio. Es mucho más que esto y se impone ahora con el mismo título que el turboreactor, asegurándole a los aparatos que vayan equipados con él "marcas" tan brillantes como las de los aviones de reacción pura, y quizá con ventajas al despegue y en las "repris" para el planeo y aterrizaje.

Las primeras teorías sobre hélices se remontan a los alrededores del año 1880 y ponen en juego el elemento de la pala, asimilándolo a un plano delgado inclinado sobre la velocidad relativa; o bien consideran la hélice completa como una superficie delgada de discontinuidad de presión. La velocidad de cada elemento de la hélice es la resultante de los dos siguientes componentes: la velocidad de avance del avión y la velocidad de rotación

(1) En el número 117 de agosto de 1950 de nuestra REVISTA DE AERONAUTICA española publicamos estas pequeñas turbinas.

del elemento hélice en su trayectoria circular. La velocidad aerodinámica resultante viene a ser, pues, tanto más grande cuanto mayor sea la velocidad de rotación de la hélice considerada y cuanto más vecino esté el elemento a la extremidad de la pala, puesto que la velocidad sobre la trayectoria circular aumenta con el radio (distancia al buje).

Por otra parte, la tracción de la hélice, lo mismo que su rendimiento, son ambos proporcionales al producto de la masa de aire apresado, por la velocidad que se le imprima. Ahora bien, los resultados obtenidos demuestran que se elevan mucho más las "marcas" logradas si es la masa de aire apresada la que aumenta, que si aumenta la velocidad de giro de la hélice. Esto conduce prácticamente a aumentar el diámetro de la hélice y a disminuir la velocidad de rotación. Pero al hacer esto se comprueba que aumenta la velocidad de la extremidad de la pala sobre su trayectoria circular, y que cuando las velocidades del avión son suficientemente elevadas, en aquellos extremos de las palas se producen velocidades transónicas; simultáneamente los efectos de compresibilidad (onda de choque) se manifiestan allí y aumentan hasta más allá de  $M=1$  (1).

Se comprende que conviene utilizar perfiles de palas delgados especiales, a los cuales aquellas perturbaciones afecten lo menos posible.

Es evidente que los fenómenos debidos a aproximarse a las velocidades del sonido entrañan una disminución del rendimiento de la hélice, que depende, desde luego, de numerosos factores; calaje de las palas, altura de vuelo...

La hélice clásica no parece, pues, poder convenir a los números de Mach, superiores a 0,7 ó 0,8, en el extremo de la pala. Claro es que el número de Mach en el extremo de la pala es siempre mayor que

el número de Mach del avión, pues el extremo de la pala de la hélice recorre en el mismo número de segundos una trayectoria en tirabuzón, más larga que la trayectoria rectilínea recorrida por el avión en ese mismo tiempo.

Sin embargo, con los progresos del turbopropulsor se hizo necesario poner a punto una hélice sónica susceptible de adaptarse a las velocidades del avión que la tal hélice era, desde luego, capaz de imprimirle. En los Estados Unidos tres constructores se interesan en el problema: Aeroproducts (filial de la General Motors), Hamilton Standard y Curtis Wright, uniendo sus esfuerzos a los de la Marina y a los de la N. A. C. A., que prosiguen, igualmente, las búsquedas. La Fuerza Aérea americana, interesada especialmente por el turborreactor, no aportó su concurso sino mucho más tarde (2).

El problema consiste, esencialmente, en dibujar la hélice de manera que se retarde cuanto sea posible la aparición de los fenómenos de compresibilidad en los extremos de las palas. Es sensiblemente el mismo problema que para las alas de los aviones transónicos, pero hay que tener en cuenta el aumento de dificultad que significa la rotación de la hélice. El ala, en efecto, está fija; la hélice, animada de una velocidad de rotación, está por ello mismo sometida a los efectos de una fuerza centrífuga; los efectos de la compresibilidad vienen a añadirse aquí e imponen a la hélice esfuerzos considerables.

Sin embargo, el hecho de alcanzarse en el extremo de la pala velocidades sónicas e incluso supersónicas, no es nuevo; se ha visto más arriba que estos efectos aparecen en cuanto las velocidades de los extremos de pala correspondían a un número de Mach de 0,7 ó 0,8, es decir, bastante antes de las velocidades sónicas. (Pues a esta velocidad se suma la del avión.) Las grandes hélices de

(1) Se representa por  $M$  el llamado número de Mach, que es la relación de la velocidad del móvil respecto a la del sonido a la altura considerada; sabido es que esta velocidad del sonido varía con la altura.

(2) Es natural que la Marina se interesase especialmente por los turbohélices, debido a los problemas de despegue y aterrizaje con reactores puros en los portaviones.

"Convair B-36", por ejemplo, que median 5,50 metros de diámetro, aproximadamente, estaban en este caso; algunos rotores de helicópteros estaban también en este mismo caso. Así, pues, los fabricantes de hélices, habían examinado ya hace tiempo la cuestión de las palas con extremidades delgadas. Pero hay una diferencia importante entre una hélice cuya extremidad gira en régimen supersónico y la hélice para un avión cuya velocidad de vuelo es supersónica.

A semejanza de las alas de perfiles laminares, las palas deberán tener secciones delgadas; podrán igualmente presentar un borde de ataque "en flecha" (palas llamadas en "hoja de cimitarra") de manera que la "onda de choque" no la golpee a la vez en toda la extensión del borde de ataque, sino de un modo sucesivo a lo largo de él; si se combinan estas dos características, las propiedades transónicas de la hélice serán teóricamente mejores. Pero, los constructores se han apercibido de que, la "flecha", que en las alas sólo tenían cualidades favorables, en las hélices presentan problemas arduos en materia de resistencia a los esfuerzos; por otra parte, obtienen resultados sensiblemente análogos con perfiles de palas simplemente delgados, pero rectos. Hamilton ha hecho la experiencia sobre tres hélices, la primera era una hélice clásica, utilizada durante la guerra; la segunda era análoga pero en "curva", la tercera era de nuevo perfil delgado, pero sin "curva". Esta última presentó el rendimiento mejor.

Una reducción de la mitad en el espesor, con relación a las palas de hélices clásicas de antes de la guerra, permite a las nuevas hélices un rendimiento relativamente elevado, hasta casi 950 kilómetros hora. Si se quieren obtener las mismas características con un número de Mach de 1, se reduce a 2 por 100, según Curtiss, el espesor relativo del perfil, que habría que dar a la extremidad de la pala, en lugar del 6 por 100 de las hélices habituales.

Las palas, por otra parte, han venido a ser más cortas por las razones antes dichas (disminuir la velocidad de rotación

en el extremo de pala, acortando el radio, distancia al buje). Se ha compensado la reducción del diámetro, aumentando el número de palas, lo que ha conducido a montar sobre los turbopropulsores dos hélices coaxiales de tres y hasta cuatro palas cada una. Curtiss construye incluso una hélice experimental simple de ocho palas, que piensa ensayar sobre el Mac Donnell F-88 "Voodoo".

Sin embargo si se tiene mucho interés (en régimen subsónico), en aumentar la masa de aire apresado por la hélice (de aquí el gran diámetro de ella y no su velocidad de rotación), no ocurre, en cambio, lo mismo en el régimen supersónico, en donde la inversa puede ser preferible (disminuir el diámetro de las hélices y aumentar la velocidad de rotación; si la hélice llega a girar más rápidamente sin perder rendimiento apreciable, no es entonces necesario para iguales potencias absorbidas aumentar el número de palas.

Esta rotación acelerada procura otra ventaja no menos apreciable, consistente en la supresión de una parte del engranaje reductor.

Con las hélices clásicas era necesario reducir en la relación de diez a uno la velocidad de rotación muy elevada de los rotores de los turbohélices que ellas equipaban; tal relación imponía una doble reducción. Pero se piensa que las nuevas hélices permitirán relaciones una mitad menos elevadas, o sea, de 5 a 1 aproximadamente, no exigiendo, por tanto, más que una reducción simple. Se concibe fácilmente la apreciable economía de pesos y de precios que de ahí provendrá.

En fin, las menores dimensiones de estas hélices autorizan a disminuir la altura de los bujes respecto al suelo, lo que se traducirá en un acortamiento no despreciable de las patas de los trenes de aterrizaje, con el correspondiente aligeramiento de peso y precio.

Todas estas ventajas esenciales, unidas a las notables cualidades de los últimos turbohélices americanos, aseguran al conjunto un rendimiento elevado, que no solamente alcanzarán al del turborreactor

en las grandes velocidades, sino que será incontestablemente superior en el despegue y en la subida, y de manera general a toda velocidad inferior a 500 ó 600 kilómetros-hora. Por otra parte, el turbohélice batirá ampliamente siempre al turborreactor en cuanto a la longitud, mucho menor de la carrera de despegue (1).

De este modo la aceptación del turbohélice va aumentando y sus aplicaciones se multiplican hasta en los dominios en que se consideraba al turborreactor definitivamente establecido, con exclusión de cualquier otro modo de propulsión.

El primer avión con turbohélice que voló en los Estados Unidos fué el caza experimental de la Fuerza Aérea, "Convair X. P.-81", que fué inmediatamente abandonado; este aparato "mixto" llevaba un turborreactor detrás, además del turbohélice que tenía delante provisto de una hélice cuatripala experimental de la Aero Products, que más tarde fué reemplazada por una de Hamilton Standard. La misma Hamilton experimenta ahora otra hélice con el motor General Electric T. G. 100, montado en la parte anterior del "Ryan X. F. 2 R.-1", caza de la Marina americana.

Actualmente, Aero Products hace ensayos sobre el hidroavión XP. 5 Y.-1 de Convair, equipado con cuatro turbohélices Allison T.-40, que lleva cuatro pares de hélices tripalas contrarrotativas; y sobre el Douglas A. 2. D "Skyshark" (monomotor Allison T.-40), con dos hélices tripalas contrarrotativas muy largas y muy delgadas, con sus extremos de pala en forma cuadrada. El avión es derivado del Douglas A. D.1 "Skyraider", con motor de explosión, actualmente en servicio sobre los portaviones americanos, del cual no se diferencia más que en algunos detalles de forma y en la sustitución del Pratt and Whitney 2.700 cv. por un turbohélice de 5.500 cv.

Los Estados Unidos fundan las mayo-

res esperanzas en ese bombardero de ataque que deberá ser, según los técnicos de Douglas, el primer aparato supersónico con hélices. Mientras tanto, según se dice, su velocidad actual está estimada como superior a los 850 km/h.; un ligero suplemento de impulsión, debido a las nuevas hélices en curso de estudio, que posteriormente se le montarían, lo hará pasar a los 950 ó 1.100 km/h., y en ciertas condiciones alcanzaría incluso el número 1 de Mach.

La altitud máxima y el cargamento de bombas-cohetes del "Skyshark" serán, por otra parte, notablemente superiores a los del "Skyraider". De este modo, gracias al turbohélice, las características de ese bombardero vendrán a ser casi las mismas que las de los mejores cazas actuales en cuanto a velocidad.

Se explica ahora por qué Mac Donnell acaba de equipar experimentalmente uno de sus prototipos (el F.-88 "Woodoo") con un turbohélice, reemplazando al turborreactor de la versión normal; y se concibe que una tal revolución—se podría casi decir un tal salto atrás—no se habrá efectuado sin primordiales razones.

Los Estados Unidos parecen decididos a volver a la hélice para sus aviones de caza, pues miran así a una velocidad que no ha de ser muy inferior a los 1.100 kilómetros/hora, con un radio de acción bastante aumentado, sin contar todas las otras ventajas que han quedado enumeradas anteriormente en velocidades menores.

La hélice, pues, marcha a su vez a la conquista de la famosa "barrera sónica", que para ella se creía impenetrable. Conserva la hélice su superioridad de rendimiento, que sólo una forma demasiado arcaica pudo hacerle perder en este nuevo dominio. Por el hecho de haber sido en su evolución menos rápida que el reactor, no resultará menos triunfante; y en cuanto los últimos detalles hayan sido puestos a punto en las oficinas de estudios, ella igualará en velocidad a los reactores y los suplantarán en muchos tipos de aviones.

(Publicado en *Forces Aériennes Françaises*, por Y. Marchand.)

(1) De aquí otro extremo que explica el interés de la Marina en relación a los portaviones.