

**RESUMEN DE DATOS**

**LOCALIZACIÓN**

|              |  |
|--------------|--|
| Fecha y hora | <b>Miércoles, 21 de abril de 2004; 20:30 h local</b> |
| Lugar        | <b>Aeródromo de Casarrubios del Monte (Toledo)</b>   |

**AERONAVE**

|               |                     |
|---------------|---------------------|
| Matrícula     | <b>EC-HPV</b>       |
| Tipo y modelo | <b>SUKHOI SU-31</b> |
| Explotador    | <b>Privado</b>      |

**Motores**

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| Tipo y modelo | <b>VEDENEYEV M14</b> |
| Número        | <b>1</b>             |

**TRIPULACIÓN**

**Piloto al mando**

|                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------|
| Edad                      | <b>37 años</b>                   |
| Licencia                  | <b>Piloto comercial de avión</b> |
| Total horas de vuelo      | <b>3.000 h</b>                   |
| Horas de vuelo en el tipo | <b>900 h</b>                     |

**LESIONES**

|                | Muertos | Graves | Leves/ilesos |
|----------------|---------|--------|--------------|
| Tripulación    |         |        | <b>1</b>     |
| Pasajeros      |         |        |              |
| Otras personas |         |        |              |

**DAÑOS**

|             |   |
|-------------|---|
| Aeronave    | <b>Importantes en estructura y hélice</b> |
| Otros daños | <b>Ninguno</b>                            |

**DATOS DEL VUELO**

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tipo de operación | <b>Aviación general – Privado</b>                        |
| Fase del vuelo    | <b>Maniobrando – Acrobacia – Vuelo local poca altura</b> |

**INFORME**

|                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| Fecha de aprobación | <b>26 de julio de 2006</b> |
|---------------------|----------------------------|

## 1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

### 1.1. Reseña del vuelo

Durante un vuelo local de entrenamiento acrobático sobre el Aeródromo de Casarrubios del Monte (Toledo) a una altitud aproximada de 1.500 ft sobre el terreno, se produjo un derrame de aceite sobre el parabrisas de la cabina y una pérdida de potencia en el grupo motopropulsor de la aeronave.

El piloto intentó meter potencia y variar paso de hélice sin conseguirlo y ante la existencia de humo blanco y la falta de visibilidad desde la cabina, trató de realizar una toma de emergencia, consiguiendo alcanzar el último tercio de la pista 26, rodando por ella unos 100 m, desviado algunos grados a la izquierda. Finalmente, la aeronave se salió de la pista quedando parada a 20 m del final de la misma. El piloto resultó ileso.

### 1.2. Ensayos e investigaciones

#### 1.2.1. Inspecciones y ensayos

En la inspección realizada en el grupo motopropulsor tras el accidente se encontró roto el racor acodado y roscado, montado en la entrada y salida de aceite del regulador de la hélice («governor») a través del cual se conecta con el acumulador del que dispone el sistema.

Tanto el citado acumulador como la tubería flexible de unión al regulador de la hélice, no presentaban ninguna anomalía, encontrándose en buen estado. La tubería flexible estaba sujeta con bridas y presentaba un recorrido natural de acuerdo con la posición del racor.

#### 1.2.2. Estudio metalúrgico del racor acodado

Con el fin de estudiar las posibles causas de la rotura del racor acodado se han realizado análisis detallados en laboratorio.

Sobre las dos partes de la pieza rota se llevó a cabo una primera inspección visual, exámenes de composición química y dureza, y exámenes metalográficos y fractográficos, cuyos resultados fueron comparados con los de otra pieza similar, nueva, facilitada por el operador de la aeronave, siendo prácticamente coincidentes los de ambas piezas.

De todas estas pruebas se desprende que las piezas fueron construidas con una aleación de Al-Cu similar a la 2014<sup>1</sup> aunque su dureza es algo superior a la que corresponde

<sup>1</sup> Designación de un cierto tipo de aleación de aluminio según las normas ANSI (American National Standards Institute).

a ésta última, habiéndose producido la rotura por un proceso de carácter dúctil, esperable en este tipo de fallo en una aleación como la empleada para la fabricación de estas piezas.

La rotura se había producido en la zona de empotramiento del racor roscado habiendo quedado un trozo del mismo dentro del regulador de la hélice. En su mayor parte, la superficie de fractura presentaba una inclinación respecto al eje del racor de unos 45° bien hacia el exterior o hacia el interior.

Comparando la rosca de la parte interior del codo con la exterior, se puede apreciar que esta última tiene algo menos de longitud que la primera, lo cual indica la existencia de un pequeño esfuerzo de flexión en sentido de aumentar el ángulo del codo.

Los estudios realizados llegaron a las siguientes conclusiones:

1. El codo analizado ha sufrido un proceso de rotura instantánea de carácter dúctil por sobrecarga.
2. No se han encontrado en el material de la pieza anomalías significativas que pudiesen haber favorecido una rotura prematura de la pieza.

### 1.2.3. *Sistema regulador de la hélice del Sukhoi SU-31*

El regulador del paso de las palas de la hélice (governor) MT-Propeller P/N P-434-10 está situado en la parte delantera del motor sobre una placa de montaje a través de la cual recibe el suministro de aceite del motor y, mediante un piñón, el movimiento necesario para su bomba interna que incrementa la presión que recibe del sistema de lubricación hasta un máximo de 150 psi.

Este aceite a presión actúa en sentido de disminuir el paso de las palas mediante un émbolo que empuja un muelle que se encuentra en el domo de la hélice, comprimiéndole más o menos y actuando sobre unos engranajes que hacen girar las palas de la hélice cambiando su paso. Cuando no hay presión, el muelle se expande totalmente llevando las palas a paso alto, correspondiente a máxima potencia, para que el motor no sobrepase las máximas r.p.m. La posición de las palas se aproxima a la de bandera y si el motor no tiene la suficiente potencia, llega a pararse.

Con el fin de poder desabanderar la hélice cuando el motor no está en funcionamiento, dispone de la alimentación de aceite procedente de un acumulador, con una capacidad de 1,5 litros, montado exteriormente y conectado al regulador mediante una tubería flexible y un racor acodado de aleación ligera, roscado al cuerpo del regulador. En las aeronaves acrobáticas sirve también para prevenir la bajada de revoluciones del motor, y por tanto de la disminución del suministro de aceite al regulador en algunas maniobras especiales, en cuyo caso es el acumulador quien mantiene la cantidad de

aceite necesaria para el correcto funcionamiento de la hélice. Está tarado a una presión de 125 psi. La válvula de sobrepresión está normalmente tarada a 310 psi.

Inicialmente, esta aeronave tenía montado un regulador del mismo fabricante del motor que fue cambiado por otro de la marca MT Propeller que presenta una mayor fiabilidad así como menor peso y tamaño. En el momento del accidente tenía unas 20 h de funcionamiento.

A través del operador, se tiene conocimiento de que en algunos reguladores de esta marca, se han cambiado los racores de aleación ligera por otros similares fabricados en acero, por su mayor resistencia. Revisadas las listas de Boletines de Servicio aplicables no ha sido posible encontrar alguno que confirme esta información.

Sí se ha encontrado una directiva de aeronavegabilidad emitida por la FAA en 1990 que afectaba a motores de otro fabricante equipados con governor de hélice en la parte posterior y con línea exterior de aceite, en los cuales se debían cambiar los codos y racores de aleación ligera por otros de acero.

## 2. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

La toma de tierra en emergencia fue provocada por una pérdida de aceite que cubrió el parabrisas dificultando la visibilidad, seguida de falta de potencia en el motor y falta de respuesta al actuar el mando del paso de la hélice. Estos hechos hicieron centrar la investigación en el grupo motopropulsor, descartando el resto de los elementos de la aeronave.

En la inspección detallada de este sistema, la única anomalía que se encontró fue la rotura del racor en codo a través del cual se hace la conexión del acumulador al regulador del paso de hélice. Esto justifica la pérdida de aceite mientras el motor esté en marcha, ya que está alimentando al regulador de la hélice y como el acumulador se encuentra conectado a la zona de entrada de aceite procedente del motor, éste sale al exterior a través del racor roto, cortándose la alimentación a la bomba interna del regulador, por lo que queda sin presión el émbolo que equilibra el muelle del domo de la hélice y cuyo muelle se expande llevando las palas a paso máximo, próximo a la posición de bandera. Al no existir presión en el interior del regulador, no puede haber respuesta al actuar el mando mecánico de cambio de paso de la hélice desde la cabina. Todo ello explica la fuga de aceite y la falta de potencia y mando del paso de hélice, que motivaron la toma de tierra en emergencia.

Los trabajos de laboratorio efectuados llegaron a la conclusión de que el fallo del racor se produjo por un proceso de rotura instantánea por sobrecarga. No se encontraron indicios de anomalías significativas o daños anteriores en la pieza que pudieran haber favorecido su rotura prematura.

Esta sobrecarga introdujo un esfuerzo de tracción con una cierta componente de flexión, como indica la pequeña diferencia de longitudes de la rosca entre la parte interior y la exterior del codo.

La fuerza necesaria para romper el racor solamente pudo proceder de un aumento instantáneo de presión muy elevado que en ningún caso alcanzaría el aceite del sistema de lubricación del motor que alimenta al regulador con 125 psi.

Probablemente el aumento de presión instantáneo fue producido por un golpe de ariete en la canalización que unía el regulador con el acumulador, provocado por los fuertes «g» que se alcanzan en algunas maniobras acrobáticas.

El golpe de ariete se origina cuando en una tubería circula un fluido con una cierta presión y bruscamente se corta dicha circulación, haciendo que las partículas del fluido que se han detenido sean empujadas por las que vienen inmediatamente detrás, originándose una sobrepresión instantánea que puede alcanzar valores muy elevados. La fuerza del golpe de ariete puede llegar hasta 100 veces la presión normal de la tubería y es directamente proporcional a la longitud de dicha tubería e inversamente al tiempo que se tarda en cortar la circulación.

Se considera como más probable que durante la ejecución de una serie de maniobras acrobáticas, bajaran las r.p.m. del motor, disminuyendo, por ello, el suministro de aceite al regulador, haciendo que actuara el acumulador e iniciándose la circulación a través del racor en codo en dirección al regulador, para complementar el suministro de aceite necesario.

En estas circunstancias, probablemente se produjo una brusca maniobra que introdujo un elevado número de «g» en el conducto del regulador al que vierte el racor en codo, haciendo que el aceite que había en él, cerrara bruscamente la circulación en el racor y originara el golpe de ariete, incrementado por la aceleración que actuó en la misma dirección. Todo ello pudo provocar una alta presión instantánea que superaría la fuerza necesaria para romper el racor por tracción con una pequeña componente de flexión. Esta componente de flexión pudo producirse por una pequeña tensión de montaje en la conexión de la tubería flexible al racor, aumentada por las fuerzas producidas por la maniobra brusca causante de la rotura.

La causa del accidente puede establecerse en la rotura del racor en codo que sirve de conexión al regulador del paso de la hélice con la tubería que procede del acumulador. Dicha rotura se produjo, probablemente por un golpe de ariete, originado en el curso de una serie de maniobras acrobáticas en las que se alcanzaron elevadas aceleraciones.