

La refrigeración por evaporación presenta numerosas ventajas. Permitiendo trabajar a una temperatura más elevada, lo mismo que la refrigeración por el *Glicol etilénico*, ofrece el medio, si bien en menores proporciones, de reducir la superficie del radiador y la cantidad de agua utilizada, obteniéndose así un doble beneficio.

Una propiedad notable de este medio de refrigeración consiste en su principio de auto-regulación, que no exige, por tanto, ninguna vigilancia del piloto y simplifica sensiblemente el manejo de unidades motrices de gran potencia a diferentes regímenes de vuelo. Pasado el punto de ebullición, la temperatura del agua en las camisas se mantiene muy constante, independientemente de las condiciones de funcionamiento. La constancia asegurada por la refrigeración evaporatoria es superior al punto de ebullición, el cual, como se sabe, decrece con la altura en un grado por cada 300 metros próximamente.

Efectuando una subida a 5.500 metros y un descenso con motor al máximo *ralenti*, la temperatura se mantiene entre los 105 y los 90 grados centígrados; su variación es independiente de la potencia efectiva del motor.

El único punto a vigilar es la existencia de suficiente cantidad de agua en la canalización.

Los experimentos realizados por las fábricas *Fairey*, han permitido comprobar que un motor normal enfriado por agua se adapta perfectamente al sistema de refrigeración por vapor. Sin embargo, es preciso tomar algunas precauciones. Hay que asegurarse, principalmente, de que el trazado de las camisas de agua permite una circulación fácil y evita la creación de remolinos o torbellinos de vapor perjudiciales. Por otra parte, las canalizaciones de circulación, cuyo diámetro puede ser menor que las utilizadas para el agua, deben resistir bien la acción corrosiva del vapor. Este es un extremo de gran importancia en la práctica.

A propósito de la disminución de la resistencia al avance, la firma *Fairey* hace observar lo siguiente:

El incremento de potencia por unidad motriz conduce al aumento de superficie — y, por tanto, de la resistencia al avance — de los radiadores. En el caso de aviones *de record* o aparatos especiales que deban funcionar sometidos a rígidas condiciones de utilización, cabe emplear las superficies del avión como superficies radiantes para el agua, pero esta solución es inadecuada para el caso de aviones de combate, en los que hay que prever el peligro de un excesivo enfriamiento, incluso la congelación, a que pudieran dar lugar los largos vuelos con admisión reducida y a considerables alturas. La refrigeración por evaporación elimina estos riesgos, no exige ningún sistema de reglaje y puede utilizar radiadores de ala que no aumenten nada — o casi nada — la resistencia, incluso en los aviones más finos. En todo caso, es evidentemente indispensable prever la evacuación completa del agua a todas las inclinaciones posibles en vuelo normal.

Una ventaja suplementaria de este sistema de enfriamiento es la gran rapidez con que permite calentar los motores. Todos los aviadores apreciarán en todo su valor esta particularidad de la refrigeración por vapor.

Por otra parte, el sistema parece menos vulnerable a los impactos enemigos. En la práctica habría que examinar atentamente este extremo, cuya importancia es grande en los aviones militares.

Como una pequeña ventaja adicional cabe citar la facilidad de instalar la calefacción de las carlingas por el vapor, en los casos de vuelo en invierno o a grandes alturas.

La refrigeración por vapor, cuyas bases acabamos de analizar, parece ser un procedimiento de sumo interés, y no dejaremos de seguir atentamente el desarrollo práctico de esta nueva técnica que tan prometedora aparece en la actualidad.

Pruebas comparativas de rotura en los nudos de acero

Por el Dr. WALTER SALSÍ

Ingeniero del Laboratorio de Experimentación y Prueba de la Casa «Aeroplani Caproni»

Objeto del presente estudio

Las piezas complejas que constituyen los nudos, tanto del fuselaje como de la estructura de las alas, están obtenidas por soldadura de elementos de acero al carbono. Se trata de sustituir este acero primario por un acero ternario al cromo-molibdeno.

El objeto del presente estudio es poner de relieve las ventajas de la sustitución y ver la dependencia entre las características mecánicas de los productos semielaborados y la resistencia global de las piezas complejas resultantes.

Aceros al carbono

Los nudos actuales están compuestos de los siguientes materiales:

a) tubos de acero al carbono con un contenido en C de un 0,20 por 100.

Las características mecánicas son en promedio las siguientes:

$R = 50$ a 60 kilogramos por milímetro cuadrado.

$A = 14$ a 12 por 100.

$E = 35$ a 40 kilogramos por milímetro cuadrado.

b) chapa de acero con un contenido en C de 0,20 a 0,25 por 100.

Características mecánicas:

$R = 50$ a 60 kilogramos por milímetro cuadrado.

$E = 35$ a 40 kilogramos por milímetro cuadrado.

$A = 26$ a 22 por 100.

A los nudos ya terminados se les hace sufrir un tratamiento térmico de regeneración, consistente en calentamiento hasta 750 grados, permanencia en el horno a 600 grados y luego enfriamiento al aire.

Estas temperaturas están seleccionadas después de una serie de pruebas. La temperatura de 750 grados es la más alta admisible para piezas ya elaboradas. Una temperatura más elevada llevaría a deformaciones permanentes y a fenómenos de oxidación superficial no despreciables. El enfriamiento entre 750 y 600 grados, controlado, evita todo posible temple (temple incompleto dada la baja temperatura). El enfriamiento libre a partir de los 600 grados confiere al material una gran finura de grano y en consecuencia una mayor resistencia a los esfuerzos de choque y vibración.

Aceros al cromo-molibdeno

El acero propuesto para las futuras construcciones es un acero ternario correspondiente a la aleación standard norteamericana 4130 x. que tiene la composición:

$C = 0,30$ $S = 0,045$ máximo.

$Cr = 1,00$ $P = 0,04$ »

$Mo = 0,20$ $Si = 0,30$ »

$Mn = 0,50$.

En nuestros ensayos hemos utilizado tubos de acero 6 C.2 Mo Sandviks, de nuestras hileras.

El hilo de acero es también Sandviks.

Las chapas de procedencia Bismarckhuette son de aleación equivalente.

a) tubos. — Características medias:

$R = 70$ a 75 kilogramos por milímetro cuadrado.

$A = 14$ a 12 por 100.

$E = 55$ a 60 kilogramos por milímetro cuadrado.

Después de la soldadura el material posee las siguientes características:

$R = 64$ a 68. $A = 8$ a 5.

$E = 50$ a 52.

b) las chapas de un espesor de 1 a 4 milímetros dan en promedio:

$R = 64$ a 70. $A = 17$ a 13.

$E = 50$ a 54.

c) Hemos ensayado incluso soldaduras entre tubos y chapas. Resultaron los siguientes datos:

$R = 70$ a 72. $A = 14$ a 11, verificándose siempre la rotura por la chapa.

Después de estas pruebas hemos procedido a la construcción de los nudos.

A los nudos constituidos con estos materiales no se les somete a tratamiento térmico alguno después de la soldadura.

Con este procedimiento se consiguen grandes ventajas, siendo eliminados los inconvenientes de la oxidación y aquellos, más importantes, de la deformación.

Los nudos construidos

Para las pruebas se construyeron dos series de cuatro nudos de célula y fuselaje para aparatos CA/101/102.

No disponiendo de tubos de acero al Cr-Mo de las dimensiones previstas en los proyectos, se introdujeron ligeras variaciones, especialmente en los espesores. En los pequeños tubos se ha eliminado el refuerzo que forma la base de apoyo al tubo de salida.

De estas variaciones damos indicación en las tablas anejas.

En particular hemos procurado construir idénticamente los nudos obtenidos con diferentes materiales para que los ensayos tuviesen un neto valor comparativo.

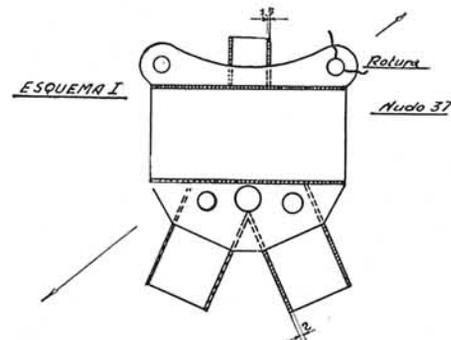
Para la preparación de los ensayos nos hemos atendido a los esfuerzos más desfavorables, teniendo además presente el objetivo de reforzar en lo más posible las soldaduras.

Los nudos que siguen han sufrido la misma clase de soldadura y empalme que se practica en los aparatos.

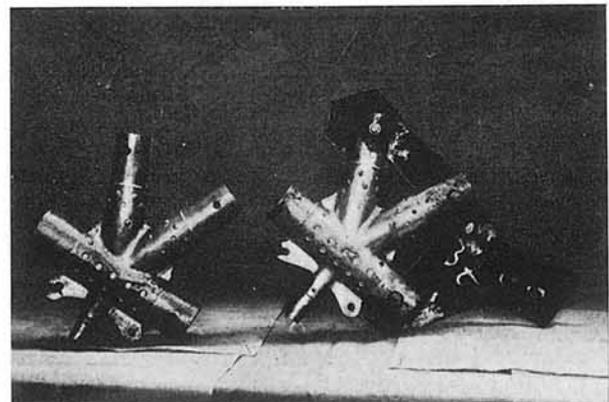
Nudo 37

Véanse el esquema I y la fotografía adjunta I.

Este nudo está montado en el plano de simetría y pertenece al larguero anterior del ala (cordón inferior).



En el ensayo se han previsto las condiciones del vuelo maniobrado: en tal caso las dos semialas no sufren un esfuerzo simétrico. Uno de los tirantes diagonales del larguero está tenso, mientras que el otro tiende a ser comprimido.



Fot. I. — Nudo 37. — Cr-Mo.

La tracción se ejerce en la orejeta donde se ata la diagonal que sufre el esfuerzo, obteniéndose las siguientes cargas de rotura para dicha orejeta:

- a) Nudo de acero al C; rotura 3.700 kilogramos.
- b) Nudo de acero al Cr-Mo; rotura 7.900 kilogramos.

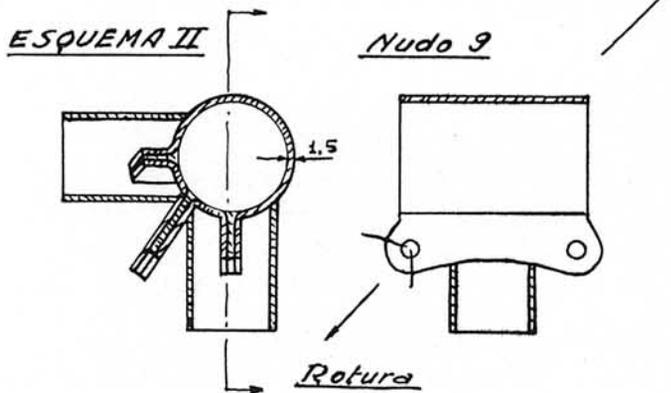
No se observan roturas ni deformaciones importantes de las otras partes que constituyen el nudo.

Las dos roturas son perfectamente comparables y equivalentes.

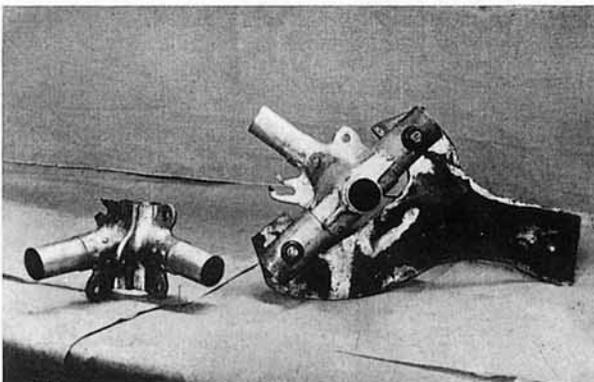
Nudo 9

Véanse el esquema II y la foto adjunta II.

El nudo en ensayo pertenece al fuselaje; tercera sección a partir de la cola; parte superior. Las orejetas tienen dimensiones resistentes iguales de modo que es-



tando sometida una de las orejetas al esfuerzo del tirante yacente en el plano vertical (flanco), se obtiene el valor correspondiente a dos condiciones de carga. La primera es la de la carga aerodinámica en cola, y la segunda se refiere al esfuerzo de aterrizaje sobre el patín.



Fot. II. — Nudo 9. — Cr-Mo.

En el ensayo trabaja a flexión el cordón del fuselaje. Se tienen las siguientes cargas de rotura:

- a) Nudo de acero C; rotura a 2.900 kilogramos.
- b) Nudo de acero Cr-Mo; rotura a 6.200 kilogramos.

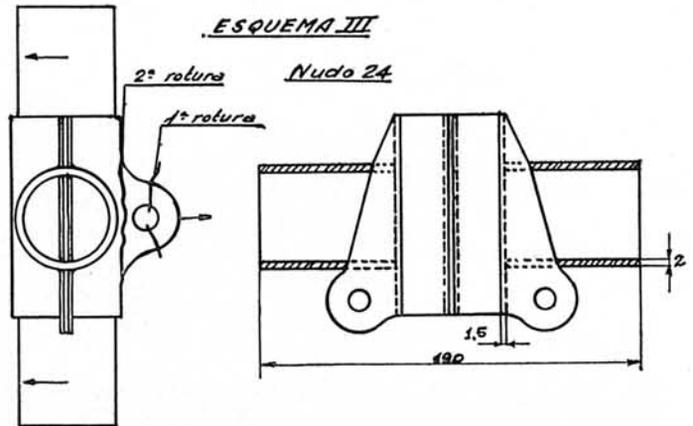
En los dos casos se rompe la orejeta tensa mientras que no se verifican ni otras roturas ni deformaciones.

Nudo 24

Véanse el esquema III y la foto adjunta III.

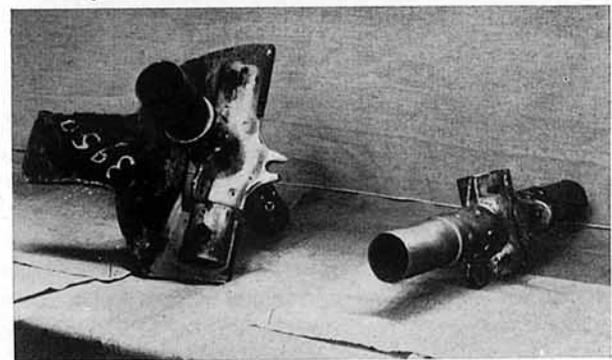
El nudo pertenece al pavimento del fuselaje en la sección comprendida entre las dos uniones de la célula.

La orejeta que se somete a la tracción se encuentra verticalmente debajo del fuselaje. En disposiciones análogas ha servido como punto de enganche para soportes de



armamento. También en esta prueba el tubo que hace de cordón está sometido al esfuerzo de flexión.

Las dos pruebas comparativas han dado los siguientes resultados:



Fot. III. — Nudo 24. — Cr-Mo.

a) Nudo de acero al C; rotura a 3.950 kilogramos de la orejeta tensa e iniciación de la rotura a lo largo del canto soldado.

b) Nudo de acero al Cr-Mo; a 5.450 kilogramos se verifica la rotura en el pliegue de la orejeta tensa correspondiendo con la línea interna de soldadura.

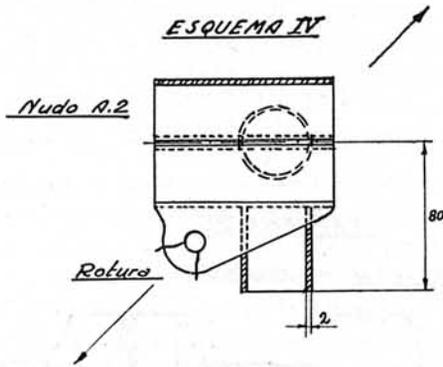
Nudo A. 2

Véanse el esquema IV y la foto adjunta IV.

El nudo A. 2 se encuentra en la extremidad del plano central anterior en el cordón superior.

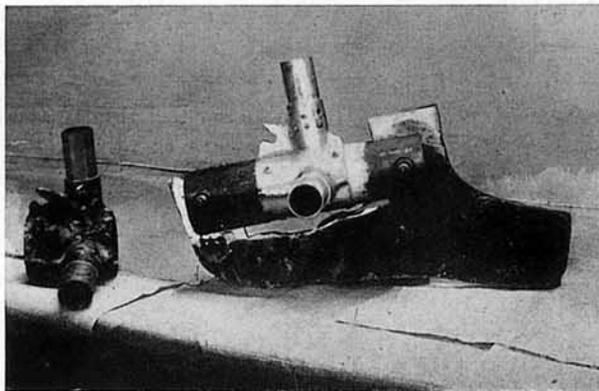
A semejanza del nudo 37, el esfuerzo más desfavorable responde al caso del vuelo maniobrado.

La orejeta que se somete a la tensión sirve de enganche a un tirante diagonal de arriostramiento, mientras que el



tubo cordón está sometido al esfuerzo de flexión. En los ensayos obtuvimos los siguientes valores:

- a) Nudo de acero al C; rotura a 3.700 kilogramos.



Fot. IV. — Nudo A. 2. — Cr-Mo.

- b) Nudo de acero al Cr-Mo; rotura a 6.050 kilogramos. En los dos ensayos se verifica la rotura de la orejeta sometida directamente a la tensión.

Resumen

Resumiendo, tenemos los siguientes valores de comparación:

Número del nudo	Acero al C	Acero al Cr-Mo	Aumento de resist.	Rotura
Nudo 37	3.700 kgs.	7.900 kgs.	113 %	Orejeta
» 9	2.900 »	6.200 »	114 »	»
» 24	3.950 »	5.450 »	38 »	Boquilla
» A. 2	3.700 »	6.050 »	63,5 »	Orejeta

Para los nudos que presentaron la rotura de la orejeta, hemos verificado la resistencia unitaria del material.

Para los nudos de acero al C tenemos:

Nudo	Rotura	Sección de rotura	Carga unitaria
37	3.700	77	48 kgs./mm ²
9	2.900	60	48,4 »
24	3.950	84	47 »
A. 2	3.700	77	48 »

El material de las orejetas ha presentado una resistencia media de 47,8 kilogramos por milímetro cuadrado.

Fijémonos en que la chapa original tenía una resistencia de 50 a 60 kilogramos por milímetro cuadrado con una carga elástica unitaria de 35 a 40 kilogramos por milímetro cuadrado.

Por el contrario, para los nudos de acero al Cr-Mo, tenemos:

Nudo	Rotura	Sección de rotura	Carga unitaria
37	7.900	99	80 kgs./mm ²
9	6.200	82	75,6 »
24	5.450	84	65 »
A. 2	6.050	77	78,6 »

La rotura del nudo 24 se ha verificado en el cuerpo de la boquilla, en el cual, efectivamente, la sección es de $1,5 \times 70 = 105$ milímetros cuadrados. En tal punto, sin embargo, no se tiene tracción simple y, por tanto, nos referimos a la sección de probable rotura en la orejeta.

Para la chapa de acero al Cr-Mo (nos referimos a ésta porque la rotura se verifica siempre en la chapa), hemos observado una resistencia unitaria del material originario que vale 65 a 70 kilogramos por milímetro cuadrado, y una carga elástica de 50 a 54 kilogramos por milímetro cuadrado.

En los ensayos realizados se encontró en el material de Cr-Mo un aumento de resistencia debido al autotemple.

Otras muestras de tubo soldado sobre chapa han dado, para la chapa, una resistencia de 70 a 72 kilogramos por milímetro cuadrado.

Observamos que en las orejetas de los nudos se alcanzan mayores temperaturas a causa de los espesores mayores. Por tal razón, la resistencia se eleva a la media de unos 78 kilogramos por milímetro cuadrado.

Conclusión

La proporción de la resistencia entre las piezas soldadas de acero al C y de acero al Cr-Mo, es de:

$$\frac{47,8 \text{ kgs./mm}^2}{78 \text{ kgs./mm}^2} = \frac{1}{1,63}$$

Tomado como índice el esfuerzo de tracción, se tiene una relación recíproca de peso estructural igual a:

$$1 : 0,61,$$

correspondiente a un ahorro del 39 por 100 sobre el peso actual.