

## **ELEMENTOS DE FIJACIÓN DE USO AERONÁUTICO (AIRCRAFT HARDWARE)**

### ➤ **Introducción**

El desarrollo de este apunte busca introducir al alumno en el conocimiento práctico de elementos de fijación utilizados en aeronáutica, refiriéndose a estos elementos como tornillos de diferentes clases, tuercas, remaches, etc.

También se dará al alumno la clasificación utilizada en la industria aeronáutica y algunas características mecánicas de los materiales que componen a estos elementos.

### ➤ **General**

Cuando nos referimos a elementos de fijación o hardware nos estamos refiriendo a diferentes tipos de dispositivos que permitirán unir o vincular elementos para la fabricación de componentes y partes de aeronave o para el caso de realizar algún tipo de reparación sobre estructuras o partes de ella.

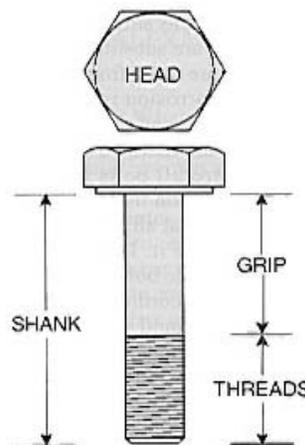
La adecuada elección de un elemento de fijación es indispensable para lograr una relativa seguridad de la operación de una aeronave, es por ello que los hardwares utilizados en aeronáutica tienen características muy diferentes de aquellos usados en industrias más convencionales.

El hardware utilizado en aeronáutica se clasifica mediante diferentes nomenclaturas las cuales están dadas por medio de una especificación numérica o, en algunos casos, llevan el nombre del fabricante. Los tornillos, bulones y los remaches son identificados convencionalmente como AN (Air Force and Navy), NAS (National Aircraft Standard) o MS (Military Standard).

Los elementos de fijación roscados (threaded fasteners) son los más utilizados cuando se desea lograr una junta de componentes segura y de gran rigidez, los utilizados en la industria aeronáutica pueden ser de dos tipos, los bulones (bolts y machine screws) y los tornillos (screw). La diferencia entre ellos es que los primeros son utilizados en estructuras que demandan gran resistencia mientras que los segundos se aplican en condiciones donde los estados de carga son bajos y no requieren una demanda de seguridad alta (por ejemplo, podemos mencionar los utilizados en fijar tapas de inspecciones).

Otra diferencia importante entre estos dos tipos de fijaciones es que los bulones tienen un tipo de rosca diferente al del tornillo, es decir para fijar dos componentes utilizando bulones se necesitará contar con una tuerca mientras que para los tornillos, en la mayoría de los casos, se debe hacer un alojamiento hembra en uno de los componentes para que el tornillo se fije y de esa forma una las partes.

Siguiendo con las diferencias físicas entre los dos tipos de fijaciones que estamos tratando se puede definir el "grip" de una fijación, esta es la longitud no roscada que tiene un bulón y algún tipo particular de tornillo, siendo la longitud roscada pequeña frente a ésta. Vale aclarar que hay bulones que son totalmente roscados, tienen aplicaciones particulares como unir dos piezas donde no se necesite una zona no roscada; en general son bulones de longitudes (shank) pequeñas.



Los tornillos (screw) no presentan grip ya que, generalmente, toda su longitud está roscada, suelen tener roscas cónicas helicoidales o helicoidales.



Otra diferencia marcada entre estos dos tipos de fijaciones es que los bulones poseen cabezas hexagonal (general) y tipo allen mientras que los tornillos generalmente presentan cabezas con ranuras u orificios para introducir un destornillador o alguna otra herramienta semejante (Torx, allen, etc).



Torx

### ➤ **Clasificación de las roscas**

Las fijaciones de uso aeronáutico (bulones, tornillos, tuercas, etc) poseen roscas normalizadas bajo las normas:

- American National Standard Unified Coarse (UNC) (paso grueso)
- American National Standard Unified Fine (UNF) (paso fino)

Originalmente la designación eran NC y NF y fue cambiando a UNC y UNF. Un ejemplo que podemos poner de manifiesto es el caso de un bulón de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, este se designaría en UNC como  $\frac{1}{4}$  - 20 y en UNF  $\frac{1}{4}$  - 28, esto significa que para el primer caso UNC la tuerca girará o rotará veinte veces para recorrer una pulgada mientras que para la UNF deberá girar 28 veces para recorrer la misma distancia.

A continuación la tabla I resume los tipos de bulones con roscas UNC y UNF. Puede observarse que antes de la medida de  $\frac{1}{4}$  de pulgada no se especifica al bulón con la medida del diámetro sino con un número (dash, #, 10 por ejemplo), esto es puramente nomenclatura. Para este caso #10 significa que es un bulón de  $\frac{3}{16}$  de pulgada de 24 ó 32 hilos por pulgada (UNC o UNF) y+ para su designación se escribirían:

#10-24 ó #10-32 (más utilizado en la industria aeronáutica)

Tabla I

Tamaño del bulón No. o pulgadas	Hilos por pulgada (HPP o TPI)		Equivalencia entre # y pulgada
	UNC	UNF	
#1	64	72	1/16
#2	56	64	5/64
#3	48	56	3/32
#4	40	48	7/64
#5	40	44	1/8
#6	32	40	9/64
#8	32	36	5/32
#10	24	32	3/16
#12	24	28	7/32
1/4	20	28	
5/16	18	24	
3/8	16	24	
7/16	14	20	
1/2	13	20	
9/16	12	18	
5/8	11	18	
3/4	10	16	
7/8	9	14	
1	8	12	
1-1/8	7	12	
1-1/4	7	12	
1-3/8	6	12	
1-1/2	6	12	
1-3/4	5		
2	4-1/2		
2-1/4	4-1/2		
2-1/2	4		
2-3/4	4		
3	4		
3-1/4	4		
3-1/2	4		
3-3/4	4		
4	4		

A su vez las roscas se clasifican según la tolerancia que establece la especificación, así se tiene la siguiente clasificación:

- a) Clase 1: loose fit (holgado) 1A para roscas externas o 1B roscas internas
- b) Clase 2: free fit (libre) 2A para roscas externas o 2B roscas internas
- c) Clase 3: medium fit (semi ajustado) 3A roscas externas 3B roscas internas
- d) Clase 4: close fit (ajustado), obsoleto
- e) Clase 5: todavía se utiliza para roscas de ajuste con interferencia

Los bulones de uso aeronáutico están dentro de la clasificación Clase 3, las tuercas de uso aeronáutico tienen clasificación Clase 3 y 5, estas últimas deberán ajustarse con un torquímetro o llave de fuerza para realizar el ajuste. Los tornillos tienen clasificación Clase 2 porque posibilitan un ensamblado rápido.

### ➤ **Bulones aeronáuticos (Bolts)**

Los bulones de uso aeronáutico se fabrican con diferentes materiales, aleaciones de acero, aleaciones de aluminio y de titanio, se les aplica tratamientos anticorrosivos como el cadmiado en el caso de aceros y anodizado en el caso de aleaciones de aluminio.

Los bulones de acero utilizan aleaciones bajo especificación AISI 4037 (acero aleado con, 0,2 a 0,25% Mo, principal aleante) y 8740 (triple aleado, 0,55% Ni, 0,5% Cr y 0,35% Mo, es el más utilizado), con de alta resistencia tanto a la tracción, corte y fatiga. Tienen tensiones máximas (valores mínimos) de 830 MPa (120 kpsi) y son utilizadas en las estructuras aeronáuticas por su alto compromiso de seguridad, es común utilizar bulones bajo la clasificación AN, MS y NAS. Debido a las consideraciones anteriores las especificaciones para bulones aeronáuticos que están expuestos a tensiones cíclicas y dinámicas durante el servicio requieren la fabricación de filetes por medio de la siguiente manera, tratados térmicamente y luego rolados en frío (MIL-B-7838C). Aseguramiento de

la calidad de estos bulones implica estrictos requisitos en la calificación del material y los procesos de fabricación; estos controles deben controlar la forma y dimensiones de los filetes, la microestructura del material conformado (forma de flujo de grano y defectos), propiedades mecánicas (resistencia a la tracción, resistencia última al corte, dureza, resistencia a la fatiga), rugosidad de la superficie, etc.

A continuación se presenta un estudio realizado sobre cuatro grupos de bulones de acero AISI 4340 (triple aleado 1,83% Ni, 0,5 a 0,8% Cr y 0,25% Mo) uno de estos grupos fueron fabricados bajo especificaciones MIL-B-7838C (aplicación aeronáutica), que establece que el bulón debe ser tratado térmicamente y luego rolando en frío. Los bulones se fabricaron con las siguientes medidas  $\frac{3}{4}$ " -16 UNF, todos templados y revenidos a un rango entre 37 a 41 Rc de acuerdo a MIL-H-6875. Todos fueron cadmiados luego de fabricados. Los resultados se muestran en la tabla II

Table 1

The chemical composition (wt%) of the studied AISI 4340 steel, as obtained by optical emission spectrometer. The requirements of the AMS 6415 standard are also shown for comparison

	C	Ni	Cr	Mn	Mo	Si	S	Fe
Steel studied	0.41	1.88	0.87	0.76	0.27	0.33	0.022	Rem.
AMS 6415	0.38–0.43	1.65–2.00	0.70–0.90	0.65–0.85	0.20–0.30	0.15–0.35	0.025 max	Rem.

Table 2

Manufacturing procedures for the four groups of stud bolts studied

Group index	Thread manufacturing method
R/HT	Cold-rolling before heat treatment
HT/R	Cold-rolling after heat treatment
M/HT	Machining before heat treatment
HT/M	Machining after heat treatment

Table 3

Summary of results from tensile, fatigue, hardness and microhardness tests<sup>a</sup>

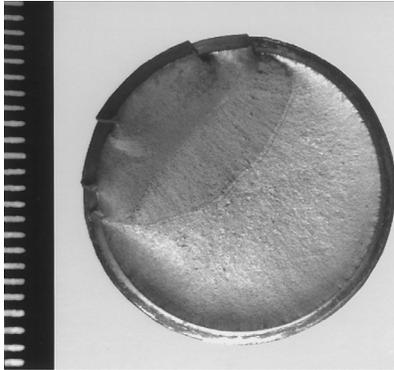
Group #	$\sigma_f$ (GPa) [ksi]	$N$ (cycles)	Hardness (VHN) [ $R_C$ ]	Microhardness (KHN) [ $R_C$ ]	$d$ (mm)
R/HT	1.29 [187]	$13,667 \pm 1528$	$363 \pm 8$ [ $37 \pm 1$ ]	$456 \pm 33$ [ $44 \pm 2$ ]	0.1
HT/R	1.33 [193]	$39,000 \pm 7550$	$368 \pm 16$ [ $37 \pm 1$ ]	$468 \pm 32$ [ $45 \pm 2$ ]	0.4
M/HT	1.33 [193]	$10,100 \pm 854$	$378 \pm 7$ [ $38 \pm 1$ ]	$405 \pm 10$ [ $40 \pm 1$ ]	–
HT/M	1.33 [193]	$9500 \pm 1670$	$375 \pm 8$ [ $38 \pm 1$ ]	$399 \pm 16$ [ $40 \pm 1$ ]	–

<sup>a</sup>  $\sigma_f$  is the static rupture stress,  $N$  the number of cycles to fatigue failure, and  $d$  the depth of the hardened surface layer (if this exists). Hardness values relate to the bulk of the bolt; microhardness values relate to the thread surface. Indexing of groups is in accordance with Table 2.

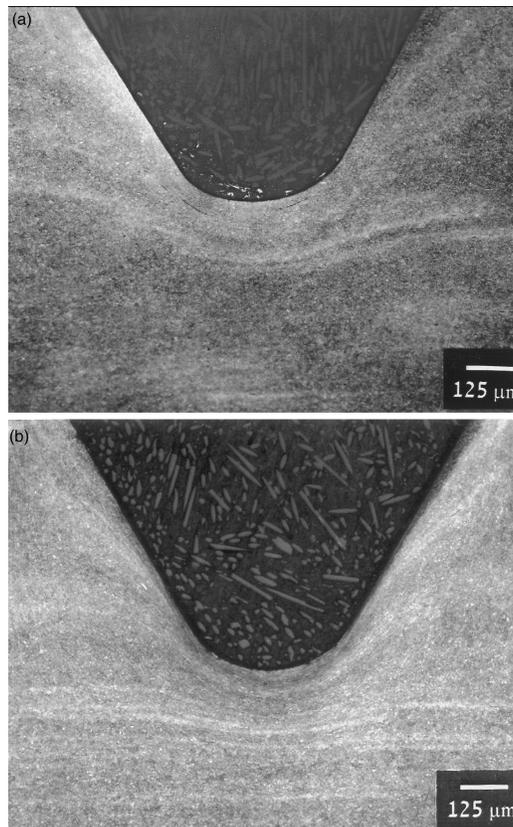
Puede observarse la cantidad de ciclos a la falla por fatiga de aquellos bulones con procesamiento HT/R (tratado térmicamente y rolando), un proceso dificultoso de obtener en

la práctica por el excesivo desgaste del equipo y complicación de la fabricación pero que cumple con las especificaciones aeronáuticas bajo MIL.

De la tabla 3 se puede observar un aumento del orden de cuatro veces (4) en la cantidad de ciclos a la falla por fatiga para un bulón fabricado según especificaciones aeronáuticas respecto a los otros fabricados con procesos no aplicados en la industria aeronáutica (M/HT y HT/M). Todos presentaron el mismo tipo de falla por fatiga pero a diferentes números de ciclos.



En las siguientes fotografías se expone la forma del flujo del grano en la raíz del filete para los diferentes procesos de fabricación utilizados.

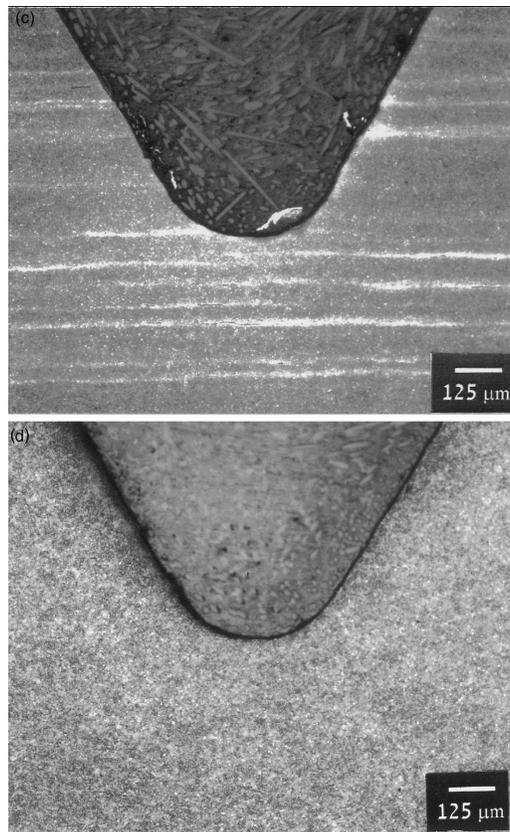


a) Rolado en frío luego tratado térmicamente (R/HT) b) Tratado térmicamente luego rolado en frío (HT/R) (proceso de acuerdo a especificaciones aeronáuticas)



FIGURE 2. Thread grain flow.

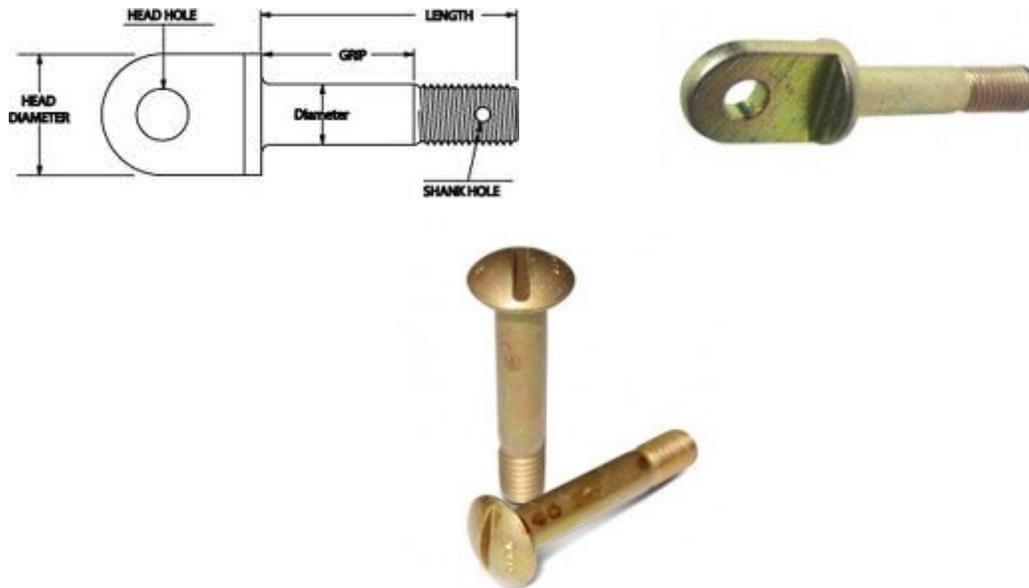
En la figura anterior se presenta el flujo del grano en la raíz de la rosca o filete



c) Tratado térmicamente luego mecanizado (HT/M) d) Mecanizado y tratado térmicamente (M/HT)

En muchos casos los fabricantes de aeronaves solicitan la fabricación de bulones con diferentes dimensiones y resistencias con características superiores a los estándares. Estos bulones fabricados particularmente o de aplicación específica son identificados estampándole la letra "S" en la cabeza de éstos.

Las cabezas de los bulones pueden ser de variadas formas, las más comunes son las hexagonales pero también están las llamadas eyes bolts y clevis (cabeza con ranura), etc.



Los fabricados bajo especificación AN tienen cabezas como las nombradas anteriormente mientras que las NAS tienen cabezas hexagonales y tipo allen.

- Bulones de aplicación general

Los bulones AN de tipo cabeza hexagonal son utilizados en todo tipo de estructura aeronáutica y generalmente, los más utilizados, son los designados como AN3 hasta AN20. Los bulones de aleación de aluminio con diámetros menores a 1/4 in no son utilizados en estructuras primarias. Estos tipos de bulones no son utilizados cuando, por cuestiones de mantenimiento, son retirados repetidamente del servicio y tampoco son utilizados en aeronaves anfibas debido a que se incrementa la posibilidad de tener corrosión por diferencia de materiales (diferente potenciales).

Los bulones con cabeza tipo allen bajo designación MS o NAS se fabrican con aceros y aluminios de alta resistencia aptos para trabajar al corte como a la tracción, bajo designación MS se tienen a los bulones comprendidos entre MS-20004 y MS-20024, correspondiéndole la designación NAS 495.

Una particularidad de estos bulones es que si su aplicación va a ser sobre una superficie de acero, se deberá acomodar el agujero de alojamiento (fresado) de tal manera que el amplio radio que se forma en la cabeza no interfiera con el material a fijar. En caso de tratarse de

una superficie de aleación de aluminio se deberá proveer de una arandela para que asiente la cabeza del bulón y asegurar un buen contacto.

Los bulones NAS no pueden ser sustituidos por los AN porque estos no poseen una adecuada resistencia equivalente.

- Identificación de bulones AN

Se identifican con símbolos, códigos o marcas realizadas en la cabeza de éstos. Las marcas denotan generalmente el fabricante del bulón, el material y si se trata de un bulón estándar o especial.

Los bulones de acero AN estándar llevan marcas tipo raya o asterisco, la raya también indica resistencia a la corrosión, mientras que los fabricados en aluminio se los identifica con dos rayas.

Hay tablas que nos permiten identificar a estos bulones, a continuación se darán ejemplos de la manera en que se interpreta la codificación de los bulones AN.

Veamos algunos ejemplos:

1) AN3DD-5A se interpretaría como:

AN: estándares de la Air force and Navy

3: indica el diámetro del bulón en dieciséis avas partes de pulgada (3/16 in)

DD: aluminio 2024 (Aleación de aluminio de la serie 2000, principal aleante el cobre)

5: indicará la longitud en octavas partes de pulgada, es decir 5/8 in.

A: indica que el bulón no está perforado (en la zona roscada)

**NOTA 1: si en vez de DD estuviera la letra C, se tendría un acero resistente a la corrosión.**

**NOTA 2: si no hubiese ninguna letra indicará que es un acero triple aleado o al molibdeno y la protección superficial el cadmiado.**

2) AN76-17 es un bulón de cabeza hexagonal agujereada (usado en hélices y difícil de conseguir), pero las características mecánicas del bulón son iguales al AN6 con lo cual puede intercambiarse. El AN76-17 suele ser sustituido por el AN6H-17A, la H significa que esta agujereado en la cabeza por lo que cumplirá la misma función.

A continuación se muestra una tabla con las diferentes indicaciones según AN

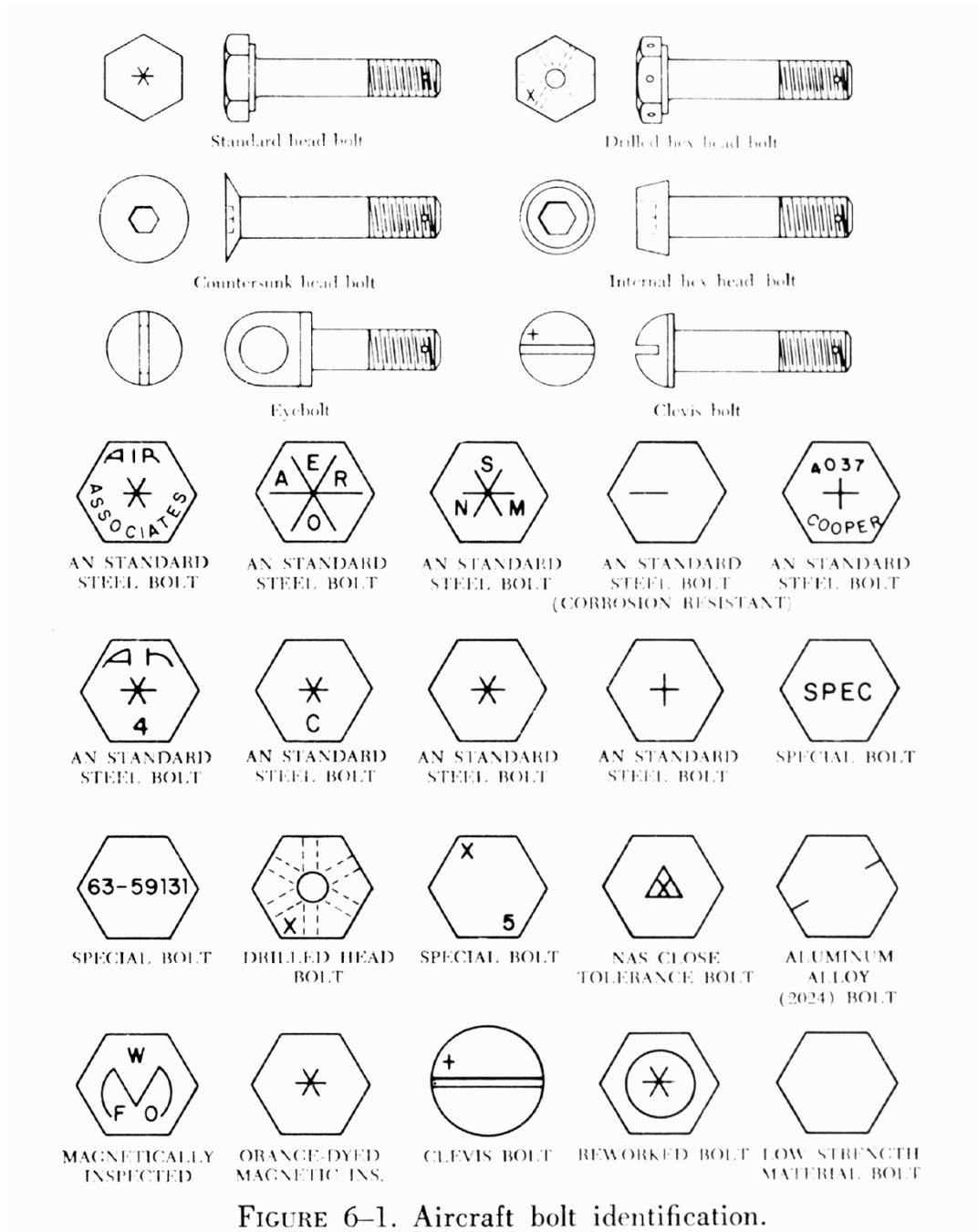


FIGURE 6-1. Aircraft bolt identification.

### ➤ **Tuercas aeronáuticas (Nuts)**

Existen varios tipos de tuercas las cuales pueden cumplir con especificaciones AN, NAS y MS. Las mas comúnmente utilizadas son las tipo autofrenantes las que poseen un aro de polietileno vinculado al metal de la tuerca (retención elástica) o bien con retención metálica (AN 363 y MS 21042) y las castillo (castle AN 310 y AN 320) las cuales no poseen freno sino que se frenan por medio de una chaveta (comúnmente usada en vinculación de superficies móviles o de desmontaje repetido).



*Castle nut*

La variedad de tuercas es amplia y otro tipo común de mencionar son las llamadas tuercas ancladas (anchor nuts). Estas partes permiten instalar estas tuercas en zonas donde luego será difícil acceder una vez cerrada la estructura. Se designan con clasificaron AN, NAS y MS y el ajuste es tipo 3 como en el caso de los bulones.

### ➤ **Remaches (Rivets)**

Los remaches utilizados en aeronáutica pueden clasificarse según el material de fabricación y según el mecanismo con el cual se aplican a un componente.

Del punto de vista del material se fabrican de aleación de aluminio (de uso estructural y no estructural) de acero inoxidable y de titanio (usos muy particulares).

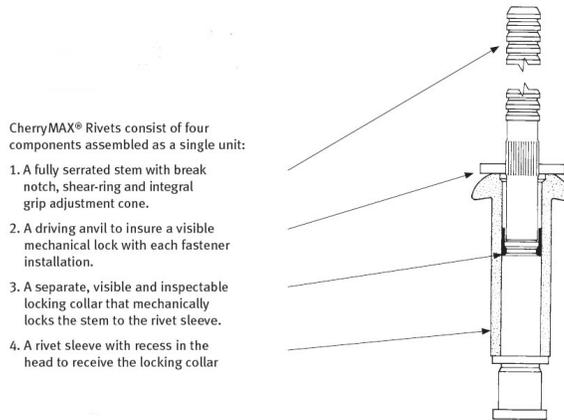
Los remaches de aleación de aluminio y de titanio pueden ser tipo macizo o tipo Cherry, los de inoxidable son tipo Cherry. El sistema Cherry es semejante al clásico pop usado en la industria en general, Cherry es una marca registrada.

Hay una variedad importante de remaches Cherry, los principales grupos:

- 1) CherryMax
- 2) Bulbed CherryLock

3) Cherry Q y N (estructural y no estructural)

1) CheryMax: Remache de alta resistencia estructural. Cuenta con un anillo "Safe-lock" para lograr una integridad estructural más confiable. Cumple requisitos de PS-CMR-3000.



**MECHANICAL PROPERTIES\***

Materials		Ultimate Shear Strength	Maximum Temperature
Sleeve	Stem		
5056 Aluminum	Alloy Steel	50,000 psi	250° F
5056 Aluminum	CRES	50,000 psi	250° F
Monel	CRES	75,000 psi	900° F
Inco 600	Inco X-750	75,000 psi	1400° F

\* At room temperature

RIVET DIAMETER	SHEET THICKNESS	Single Shear					Tensile						
		Aluminum		Monel		INCO	Aluminum		Monel		INCO		
		NOM.	O/S	NOM.	O/S	O/S	Nom.	O/S	Nom.	O/S	O/S		
		3212	3242	3522	3552	3852	3212	3214	3242	3522	3524	3552	3852
		3213	3243	3523	3553	3853	3213	3224	3243	3523		3553	3853
		3214	3245	3524	3555		3222		3245			3555	
		3222	3246		3556		3223		3246			3556	
		3223	3252						3252				
		3224	3253						3253				
			3255						3255				
1/8(-4)	2x.156	664	814	995	1220	1220	285	250	345	400	360	490	570
5/32(-5)	2x.187	1030	1245	1545	1865	1865	445	390	530	635	555	740	860
3/16(-6)	2x.219	1480	1685	2215	2525	2525	635	560	710	890	800	1000	1160
1/4(-8)	2x.281	2615	2925	3920	4390	4390	1125	1000	1260	1570	1410	1755	2030

Cherry Part Number Example:



2) Bulbed CherryLock: estos remaches son estructurales y poseen un husillo (mandril) que corta en forma normal, es decir es de cizallamiento completo; cumplen la especificación NAS1740, NAS1738 y NAS1739. Por sus características pueden ser utilizados en forma óptima tanto en chapas gruesas y delgadas. Por estas características se lo utiliza en zonas donde existen vibraciones.



**ATTENTION:** Blind rivets are not always a suitable substitute for solid rivets. Maintenance personnel are reminded that AC 43.13-1A chapter 2, section 3 stipulates: "Do not substitute hollow rivets for solid rivets in load carrying members without specific approval of the application by a representative of the Federal Aviation Administration. Blind rivets may be used in blind locations in accordance with the conditions listed in Chapter 5, provided the edge distances and spacings are not less than the minimum listed in paragraph 99d."

**STRENGTH**

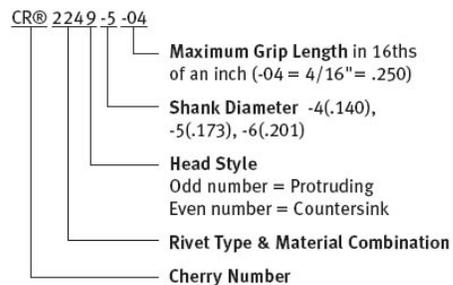
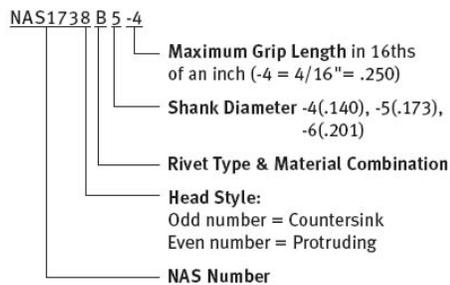
Minimum ultimate rivet shear and tensile strength (lbs.) per NAS 1740. Test method per NASM1312 -8 and -20.

Bulbed CherryLOCK® Rivets		Single Shear			Tensile		
		1/8"	5/32"	3/16"	1/8"	5/32"	3/16"
Aluminum	CR2235	619	935	1260	345	530	710
	CR2238						
	CR2239						
	CR2245						
	CR2248						
CR2249							
Monel	CR2538	895	1353	1823	490	740	1000
	CR2539						
	CR2540						
	CR2545						
CRES	CR2838	1221	1845	2488	570	860	1160
	CR2839						
	CR2840						

Solid Rivets	Single Shear		
	1/8"	5/32"	3/16"
2117-T3	388	596	862
2017-T3	494	755	1090
2024-T31	531	815	1180
5056	363	556	802
Monel	635	973	1400
A-286	1170	1790	2580

NOTE: Values shown are fastener capabilities only. Consult MIL-Handbook-5 for joint design allowances.



### 3) Cherry Q y N

Son remaches los cuales son colocados mediante sistemas manuales o mecánicos, son utilizados para unir piezas que no demandan grandes esfuerzos (N), mientras que los Q son estructurales. Estos últimos resisten bien las vibraciones dado la forma que toma el lóbulo del remache en el extremo del vástago, sellan el alojamiento donde se instala debido a que su vástago queda retenido, es por ello que se utilizan en estructuras. En las tablas que se presentan a continuación se presentan las características mecánicas de estos remaches y su designación o nomenclatura.

**IDENTIFICATION CODE:**

First letter is rivet material:

A = 5052 Aluminum    A = 5056 Aluminum    F = Stainless    S = Steel

Second letter is mandrel material:

A = 7178 Aluminum    S = Steel    F = Stainless

Third letter is head style:

P = Protruding    L = Large Flange    C = Countersunk

Fourth letter is type of rivet:

Q = Q Rivet, structural, self-plugging

First number is rivet diameter in 32nds of an inch. For example, 06 is 6/32nds or 3/16" diameter

Second number is rivet maximum grip length in 16th of an inch. For example, 08 is 8/16th or 1/2" grip length

**AAPQ-06-08**

Rivet Diam.	G Grip Range			L Rivet Length Max.	Series AA Aluminum Rivet Aluminum Mandrel			Series AS Aluminum Rivet Steel Mandrel, Plated		
	Min.	Mid.*	Max.		Prot. Head	Lrg. Head	Ctsk. Head	Prot. Head	Lrg. Head	Ctsk. Head
1/8" (3.2mm)			.062 (1.57)	.212 (5.38)	AAPQ-04-01			ASPQ-04-01		
	0.63 (1.60)	.093 (2.36)	.125 (3.18)	.275 (6.99)	AAPQ-04-02	AALQ-04-02		ASPQ-04-02	ASLQ-04-02	
	.094 (2.39)	.125 (3.18)	.187 (4.75)	.337 (8.56)	AAPQ-04-03		AACQ-04-03	ASPQ-04-03		ASCQ-04-03
	.126 (3.20)	.187 (4.75)	.250 (6.35)	.400 (10.16)	AAPQ-04-04	AALQ-04-04	AACQ-04-04	ASPQ-04-04	ASLQ-04-04	ASCQ-04-04
	.188 (4.78)	.250 (6.35)	.312 (7.92)	.462 (11.73)	AAPQ-04-05		AACQ-04-05	ASPQ-04-05		ASCQ-04-05
	.251 (6.38)	.312 (7.92)	.375 (9.53)	.535 (13.59)	AAPQ-04-06	AALQ-04-06	AACQ-04-06	ASPQ-04-06	ASLQ-04-06	ASCQ-04-06
	.313 (7.95)	.375 (9.53)	.437 (11.10)	.602 (15.29)	AAPQ-04-07		AACQ-04-07	ASPQ-04-07		ASCQ-04-07
	.376 (9.55)	.437 (11.10)	.500 (12.70)	.670 (17.02)	AAPQ-04-08	AALQ-04-08	AACQ-04-08	ASPQ-04-08		ASCQ-04-08
5/32" (4.0mm)	.062 (1.57)	.093 (2.36)	.125 (3.18)	.300 (7.62)	AAPQ-05-02			ASPQ-05-02	ASLQ-05-02	
	.126 (3.20)	.187 (4.75)	.250 (6.35)	.425 (10.80)	AAPQ-05-04	AALQ-05-04	AACQ-05-04	ASPQ-05-04	ASLQ-05-04	ASCQ-05-04
	.251 (6.38)	.312 (7.92)	.375 (9.53)	.550 (13.97)	AAPQ-05-06	AALQ-05-06	AACQ-05-06	ASPQ-05-06	ASLQ-05-06	ASCQ-05-06
	.376 (9.55)	.437 (11.10)	.500 (12.70)	.675 (17.65)	AAPQ-05-08	AALQ-05-08	AACQ-05-08	ASPQ-05-08	ASLQ-05-08	ASCQ-05-08
3/16" (4.8mm)	.062 (1.57)	.093 (2.36)	.125 (3.18)	.325 (8.26)	AAPQ-06-02			ASPQ-06-02		
	.126 (3.20)	.187 (4.75)	.250 (6.35)	.450 (11.43)	AAPQ-06-04	AALQ-06-04	AACQ-06-04	ASPQ-06-04		ASCQ-06-04
	.251 (6.38)	.312 (7.92)	.375 (9.53)	.575 (14.61)	AAPQ-06-06	AALQ-06-06	AACQ-06-06	ASPQ-06-06	ASLQ-06-06	ASCQ-06-06
	.376 (9.55)	.437 (11.10)	.500 (12.70)	.700 (17.78)	AAPQ-06-08	AALQ-06-08	AACQ-06-08	ASPQ-06-08	ASLQ-06-08	ASCQ-06-08
	.501 (12.73)	.562 (14.27)	.625 (15.88)	.850 (21.59)	AAPQ-06-10	AALQ-06-10	AACQ-06-10	ASPQ-06-10	ASLQ-06-10	ASCQ-06-10
	.626 (15.90)	.687 (17.45)	.750 (19.05)	.980 (24.89)	AAPQ-06-12	AALQ-06-12	AACQ-06-12	ASPQ-06-12	ASLQ-06-12	ASCQ-06-12
	.751 (19.08)	.812 (20.62)	.875 (22.23)	1.11 (28.19)	AAPQ-06-14	AALQ-06-14	AACQ-06-14	ASPQ-06-14	ASLQ-06-14	ASCQ-06-14
	1/4" (6.4mm)	.062 (1.57)	.093 (2.36)	.125 (3.18)	.375 (9.53)	AAPQ-08-02			ASPQ-08-02	
.126 (3.20)		.187 (4.75)	.250 (6.35)	.500 (12.70)	AAPQ-08-04	AALQ-08-04	AACQ-08-04	ASPQ-08-04	ASLQ-08-04	ASCQ-08-04
.251 (6.38)		.312 (7.92)	.375 (9.53)	.625 (15.88)	AAPQ-08-06	AALQ-08-06	AACQ-08-06	ASPQ-08-06	ASLQ-08-06	ASCQ-08-06
.376 (9.55)		.437 (11.10)	.500 (12.70)	.750 (19.05)	AAPQ-08-08	AALQ-08-08	AACQ-08-08	ASPQ-08-08	ASLQ-08-08	ASCQ-08-08
.501 (12.73)		.562 (14.27)	.625 (15.88)	.900 (22.86)	AAPQ-08-10	AALQ-08-10	AACQ-08-10	ASPQ-08-10	ASLQ-08-10	ASCQ-08-10
.626 (15.90)		.687 (17.45)	.750 (19.05)	1.03 (26.16)	AAPQ-08-12	AALQ-08-12	AACQ-08-12	ASPQ-08-12	ASLQ-08-12	ASCQ-08-12
.751 (19.08)		.812 (20.62)	.875 (22.23)	1.16 (29.46)	AAPQ-08-14	AALQ-08-14	AACQ-08-14	ASPQ-08-14	ASLQ-08-14	ASCQ-08-14
.876 (22.25)		.937 (23.80)	1.00 (25.40)	1.29 (32.77)	AAPQ-08-16	AALQ-08-16	AACQ-08-16	ASPQ-08-16	ASLQ-08-16	ASCQ-08-16