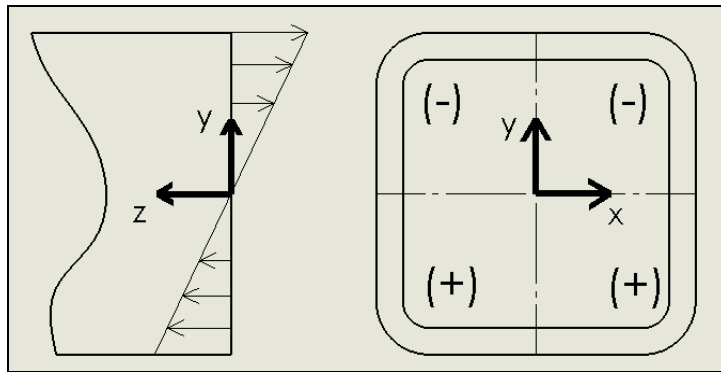


Mètode càlcul 08-STI-002

Càlcul de les tensions a una biga continua sotmesa a un estat tensional combinat



PREPARAT PER	DATA
EDUARDO PÉREZ	11-07-08

REVISAT PER	DATA
PAU GUARRO / OSCAR MOYA	11-07-08

Nº MODIFICACIO	CANVIS	DATA
-	-	-

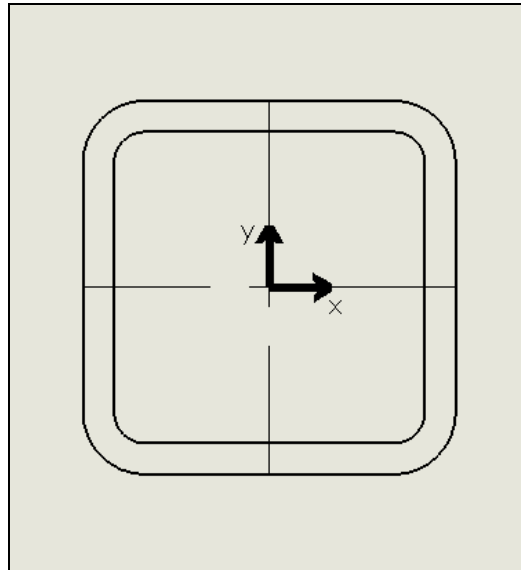
Índex

1	HIPÒTESIS:	3
2	OBJECTIU	3
3	INTRODUCCIO	4
4	ESTAT DE LES CARREGUES	4
5	PROPIETATS FISIQUES DE LA SECCIO	5
5.1	Mètode clàssic (càlcul analític)	5
5.2	Mètode CAD	7
6	ESTAT TENSIONAL DE LA SECCIÓ	7
6.1	Esforç axial	8
6.1.1	Esforç axial degut a Fz (σ_{Fz})	8
6.1.2	Esforç axial degut a Mx (σ_{Mx})	8
6.1.3	Esforç axial degut a My (σ_{My})	9
6.2	Punt més sol·licitat a esforç axial	10
6.3	Esforç tallant	10
6.3.1	Esforç tallant degut a Fx (τ_{Fx})	11
6.3.2	Esforç tallant degut a Fy (τ_{Fy})	11
6.3.3	Esforç tallant degut a Mz (τ_{Mz})	11
6.4	Punt més sol·licitat a esforç tallant	12
6.5	Punt més sol·licitat (axial + tallant)	14
7	ANNEX 1: MOMENTS D'INÈRCIA DE DIFERENTS SECCIONS	16
8	ANNEX 2: TEOREMA DE STEINER	17
9	ANNEX 2: PROPIETATS DELS MATERIALS	18
10	BIBLIOGRAFIA	27

1 HIPÒTESIS:

-Coneixem la geometria de la biga, i establim un sistema de coordenades absolut amb origen el centre de gravetat de la biga.

-Coneixem les forces i moments aplicats (F_x , F_y , F_z , M_x , M_y , M_z) a la biga en la secció d'estudi.

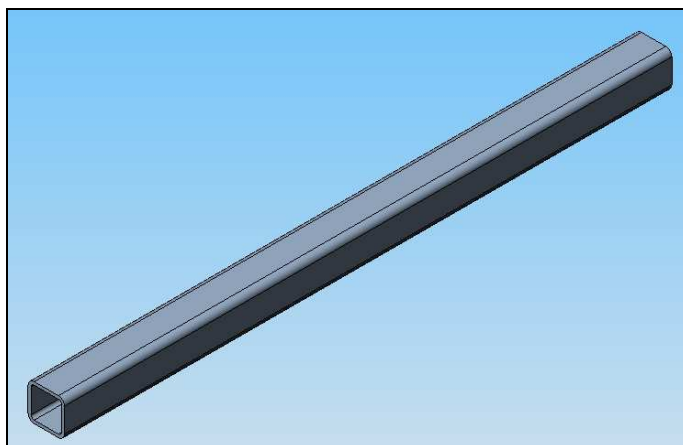
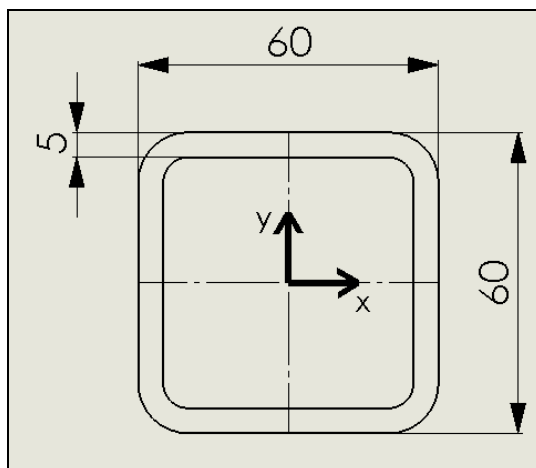


2 OBJECTIU

Trobar la tensió màxima equivalent d'una biga sotmesa a un estat tensional combinat.

3 INTRODUCCIO

Per fer el càlcul ens recolzarem en un exemple de biga de perfil quadrat, de 60x60 mm. i d'espessor 5 mm. Es tracta de veure el procés de càlcul en un exemple senzill extrapolable a diverses geometries de biga.



4 ESTAT DE LES CARREGUES

Definim unes càrregues en cada direcció dels eixos de coordenades.

Forces: F_x , F_y , F_z

Moments: M_x , M_y , M_z .

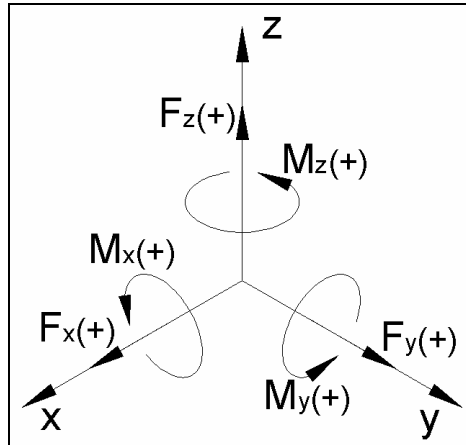
Per comprovar el pes de cada càrrega i sistematitzar el càlcul s'han de trobar les contribucions tensionals (σ , τ) de cada càrrega.

Segons el sistema de coordenades es descomponen les càrregues per tipus de sol·licitacions generades sobre el material.

σ (F_z , M_x , M_y) Generen esforç axial

τ (F_x , F_y , M_z) Generen esforç tallant

S'estableix el criteri de signes estàndard:



La contribució particular d'una força o moment sobre les tensions axial o tallant es representa pel símbol de la tensió amb un subíndex que indica quina força o moment l'està produint:

$$\{\sigma_{F_z}; \sigma_{M_x}; \sigma_{M_y}\}$$

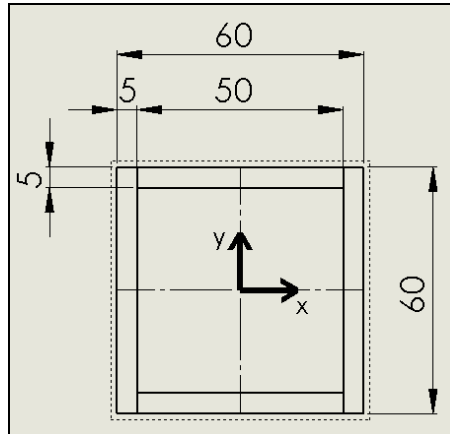
$$\{\tau_{F_x}; \tau_{F_y}; \tau_{M_z}\}$$

5 PROPIETATS FISIQUES DE LA SECCIÓ

L'objectiu d'aquest punt es trobar les propietats de la secció com l'àrea i els moments d'inèrcia de l'àrea, que es necessari conèixer per poder aplicar les fórmules que ens permetran trobar les tensions. Les propietats físiques de la secció es calcularan de dues maneres: primer de manera clàssica (s'hauran d'introduir algunes simplificacions) i després mitjançant un programa CAD.

5.1 Mètode clàssic (càlcul analític)

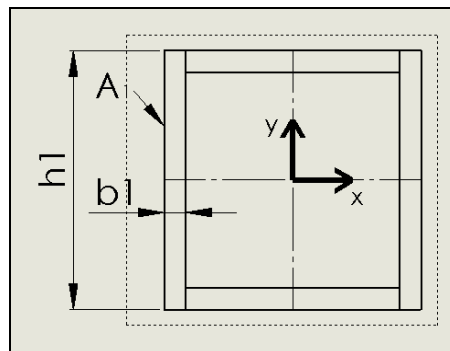
Per calcular les propietats farem una simplificació que consistirà a considerar la secció de la biga sense arrodoniments.



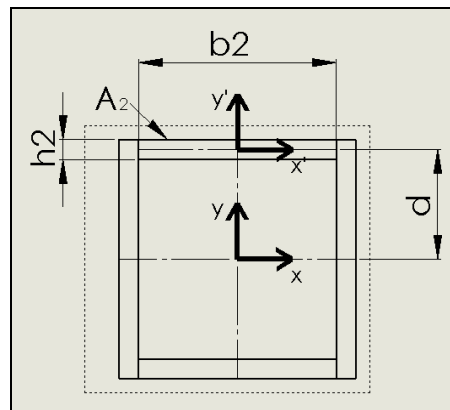
Les dades necessàries per portar a terme el càlcul son les següents:

$$A = 2 \cdot (5 \cdot 50) + 2 \cdot (5 \cdot 60) = 1100 \text{ mm}^2 \text{ Area de la secció}$$

$I_{1x} = \frac{b_1 h_1^3}{12} = 90.000 \text{ mm}^4$ Moment d'inèrcia de l'àrea 1 respecte de l'eix x. [A l'annex 1 hi ha un formulari amb els moments d'inèrcia de seccions comunes]



$$I_{2x'} = \frac{b_2 h_2^3}{12} = 520.8 \text{ mm}^4 \text{ Moment d'inèrcia de l'àrea 2 respecte de l'eix x'}$$



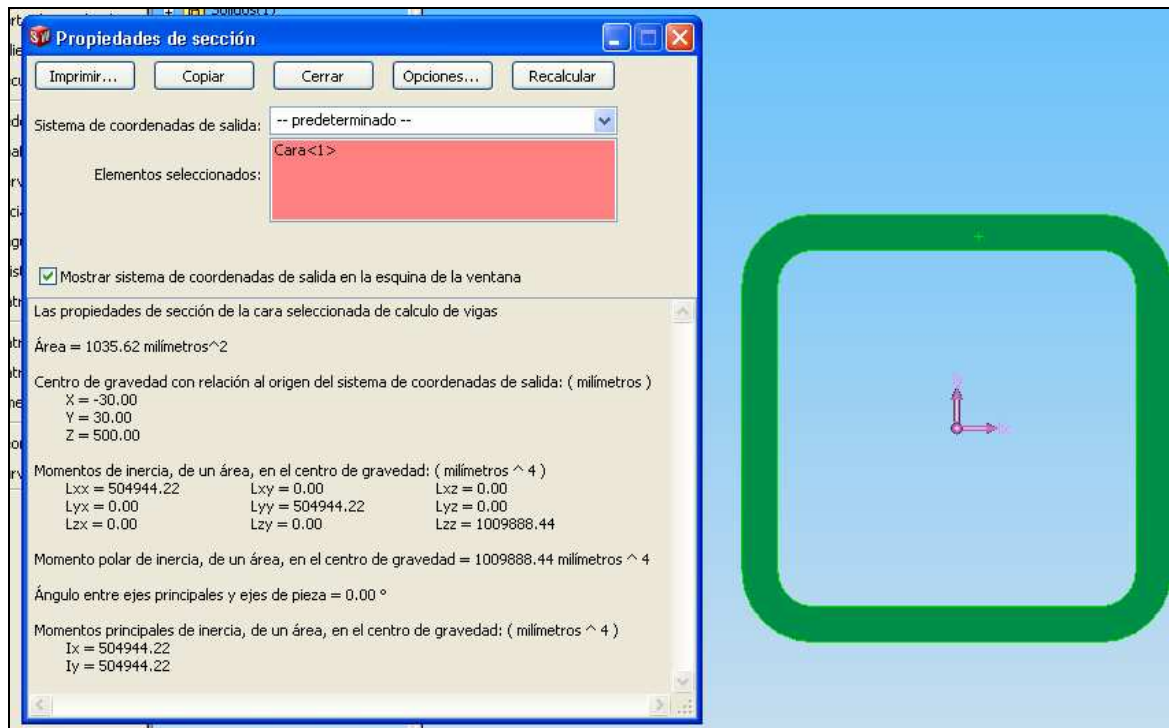
Per trobar el moment d'inèrcia de l'àrea 2 respecte de l'eix x s'ha de fer la transformació (teorema de Steiner [veure ref. 2]):

$I_{2x} = I_{2x'} + A_2 \cdot d^2 = 520.8 + (5 \cdot 50) \cdot 27.5^2 = 189.583 \text{mm}^4$ Moment d'inèrcia de l'àrea 2 respecte de l'eix x.

$I_x = I_y = 2 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2 = 559.166 \text{mm}^4$ Els moments d'inèrcia respecte dels eixos x i y son els mateixos degut a la simetria de la secció.

$I_z = I_x + I_y = 1.118.332 \text{mm}^4$ moment d'inèrcia respecte de l'eix z. Aquesta fórmula només es vàlida si z es l'eix perpendicular a la secció.

5.2 Mètode CAD



En aquest cas hem fet servir SolidWorks: Herramientas>propiedades de sección. La petita discrepància entre els resultats analítics i els del 3D es deu a la simplificació introduïda. Pels càlculs farem servir les dades del CAD.

En el cas que el programa de CAD utilitzat no tingui una opció per veure les propietats d'una secció per si permeti veure propietats físiques d'un sòlid l'únic que cal fer es una biga amb el perfil desitjat d'una longitud = 1 mm.

6 ESTAT TENSIONAL DE LA SECCIÓ

Fem una hipòtesis de les forces i moments presents a la secció:

$$F_x = 19.574N$$

$$F_y = -7.189N$$

$$F_z = -37.000N$$

$$M_x = -258.470N \cdot mm$$

$$M_y = -2.896.600N \cdot mm$$

$$M_z = -39.380N \cdot mm$$

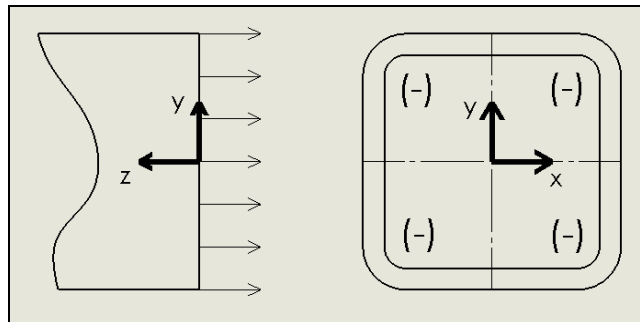
6.1 Esforç axial

Ja hem vist que l'esforç axial tindrà 3 components degudes a les diferents forces i moments que l'originin:

$$\{\sigma_{F_z}; \sigma_{M_x}; \sigma_{M_y}\}$$

6.1.1 Esforç axial degut a F_z (σ_{F_z})

$$\sigma_{F_z} = \frac{F_z}{A} = \frac{-37.000N}{1.035,62mm^2} = -35,727MPa \text{ (compressió)}$$

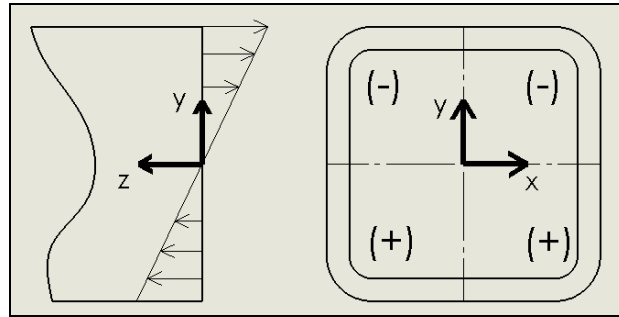


Els quatre quadrants de la secció estan sotmesos a un axial primari negatiu.

6.1.2 Esforç axial degut a M_x (σ_{M_x})

$$\sigma_{M_x} = \frac{M_x \cdot y_{\max}}{I_x} = \frac{-258.470N \cdot mm \cdot (\pm 30mm)}{504.944,22mm^2} = \pm 15,356MPa$$

a l'extrem superior es un esforç de compressió (-) i a l'extrem inferior de tracció (+).

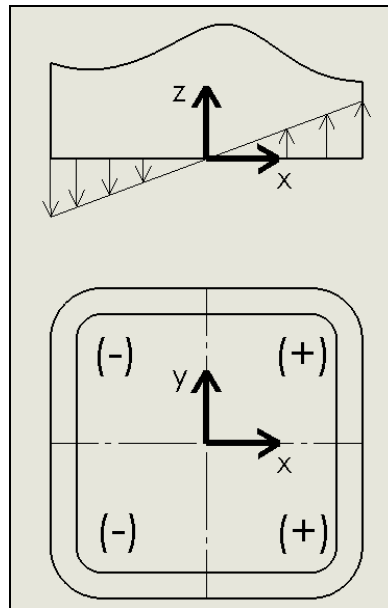


El signe de la força es negatiu en els dos quadrants superiors (compressió) i positiu en els dos inferiors (tracció).

6.1.3 Esforç axial degut a M_y (σ_{My})

$$\sigma_{My} = \frac{M_y \cdot x_{\max}}{I_y} = \frac{-2.896.600 N \cdot mm \cdot (\pm 30 mm)}{504.944,22 mm^2} = \pm 172,094 MPa$$

a l'extrem esquerre es un esforç de compressió (-) i a l'extrem dret de tracció (+).



El signe de la força es negatiu en els dos quadrants de l'esquerra (compressió) i positiu en els dos de la dreta (tracció).

6.2 Punt més sol·licitat a esforç axial

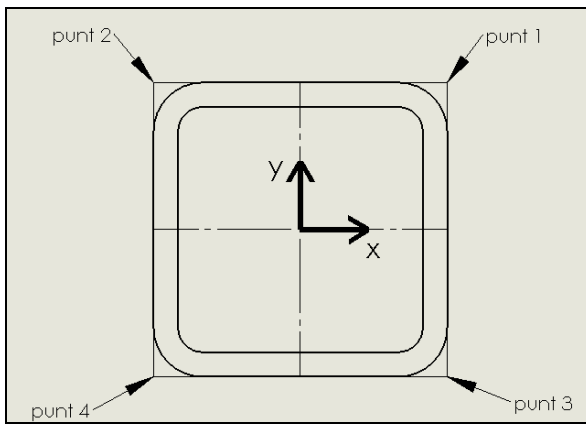
Per trobar el punt més sol·licitat axialment trobarem l'esforç axial dels punts mes extrems de cada quadrant (les cantonades, suposant que no hi ha radis a la biga). Despreçant els arrodoniments de la secció son els punts amb coordenades:

Punt 1: (30 , 30)

Punt 2: (30 , -30)

Punt 3: (-30 , 30)

Punt 4: (-30 , -30)



I l'esforç axial total a cada punt:

$$\sigma_{tot_punt_1} = \sigma_{Fz} + \sigma_{Mx} + \sigma_{My} = -35,727 - 15,356 + 172,094 = 121,011 MPa$$

$$\sigma_{tot_punt_2} = \sigma_{Fz} + \sigma_{Mx} + \sigma_{My} = -35,727 - 15,356 - 172,094 = -223,177 MPa$$

$$\sigma_{tot_punt_3} = \sigma_{Fz} + \sigma_{Mx} + \sigma_{My} = -35,727 + 15,356 + 172,094 = -151,723 MPa$$

$$\sigma_{tot_punt_4} = \sigma_{Fz} + \sigma_{Mx} + \sigma_{My} = -35,727 + 15,356 - 172,094 = -192,465 MPa$$

6.3 Esforç tallant

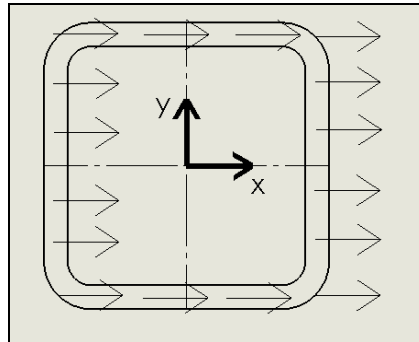
L'esforç tallant ve originat per:

$$\{\tau_{Fx}; \tau_{Fy}; \tau_{Mz}\}$$

6.3.1 Esforç tallant degut a F_x (τ_{Fx})

$$\tau_{Fx} = \frac{F_x}{A} = \frac{19.574N}{1.035,62mm^2} = 18,900MPa$$

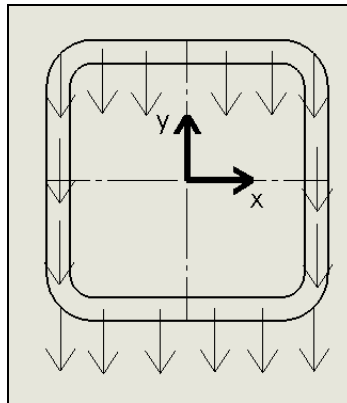
En la direcció x i sentit positiu.



6.3.2 Esforç tallant degut a F_y (τ_{Fy})

$$\tau_{Fy} = \frac{F_y}{A} = \frac{-7.189N}{1.035,62mm^2} = -6,941MPa$$

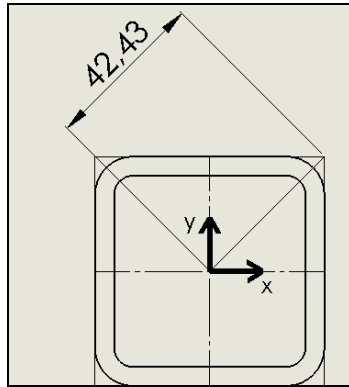
En la direcció y i sentit negatiu.



6.3.3 Esforç tallant degut a M_z (τ_{Mz})

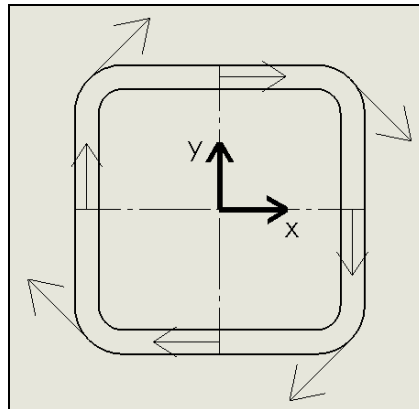
$$\tau_{Mz} = \frac{M_z \cdot r_{\max}}{I_z}$$

Per introduir el r_{\max} (el punt més allunyat de l'origen de la secció) introduïrem una simplificació: suposar la secció sense arrodoniments (això donarà un esforç tallant degut a M_z lleugerament superior al real).



$$\tau_{M_z} = \frac{M_z \cdot r}{I_z} = \frac{-39.380 \text{ N}\cdot\text{mm} \cdot 42.43 \text{ mm}}{1.118.332 \text{ mm}^4} = -1,494 \text{ MPa}$$

En el sentit de les agulles del rellotge.



6.4 Punt més sol·licitat a esforç tallant

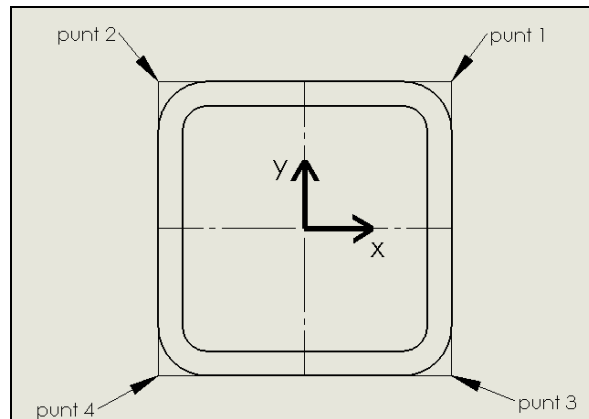
Per trobar el punt més sol·licitat a tallants trobarem l'esforç tallant dels punts mes extrems de cada quadrant (les cantonades, suposant que no hi ha radis a la biga). Despreciant els arrodoniments de la secció son els punts amb coordenades:

Punt 1: (30 , 30) (Angle de $\tau_{M_z} = -45^\circ$)

Punt 2: (30 , -30) (Angle de $\tau_{M_z} = 45^\circ$)

Punt 3: (-30 , 30) (Angle de $\tau_{M_z} = -135^\circ$)

Punt 4: (-30 , -30) (Angle de $\tau_{M_z} = 135^\circ$)



Descomponent en les dues coordenades τ_{M_z} a cada punt queda:

Punt 1:

$$\tau_{M_z_direccio_x} = 1,494MPa \cdot \cos(-45^\circ) = +1.056MPa$$

$$\tau_{M_z_direccio_y} = 1,494MPa \cdot \sin(-45^\circ) = -1.056MPa$$

$$\tau_{tot_direccio_x} = 18,900 + 1.056 = 19,956MPa$$

$$\tau_{tot_direccio_y} = -6,941 - 1.056 = -7,997MPa$$

$$\tau_{tot_punt_1} = \sqrt{19,956^2 + (-7,997)^2} = 21,498MPa$$

Punt 2:

$$\tau_{M_z_direccio_x} = 1,494MPa \cdot \cos(45^\circ) = +1.056MPa$$

$$\tau_{M_z_direccio_y} = 1,494MPa \cdot \sin(45^\circ) = +1.056MPa$$

$$\tau_{tot_direccio_x} = 18,900 + 1.056 = 19,956MPa$$

$$\tau_{tot_direccio_y} = -6,941 + 1.056 = -5,885MPa$$

$$\tau_{tot_punt_2} = \sqrt{19,956^2 + (-5,885)^2} = 20,805MPa$$

Punt 3:

$$\tau_{M_z_direccio_x} = 1,494MPa \cdot \cos(-135^\circ) = -1.056MPa$$

$$\tau_{M_z_direccio_y} = 1,494MPa \cdot \sin(-135^\circ) = -1.056MPa$$

$$\tau_{tot_direccio_x} = 18,900 - 1.056 = 17,844MPa$$

$$\tau_{tot_direccio_y} = -6,941 - 1.056 = -7,997MPa$$

$$\tau_{tot_punt_3} = \sqrt{17,844^2 + (-7,997)^2} = 19,554MPa$$

Punt 4:

$$\tau_{Mz_direccio_x} = 1,494MPa \cdot \cos(135^\circ) = -1.056MPa$$

$$\tau_{Mz_direccio_y} = 1,494MPa \cdot \sin(135^\circ) = +1.056MPa$$

$$\tau_{tot_direccio_x} = 18,900 - 1.056 = 17,844MPa$$

$$\tau_{tot_direccio_y} = -6,941 + 1.056 = -5,885MPa$$

$$\tau_{tot_punt_4} = \sqrt{17,844^2 + (-5,885)^2} = 18,789MPa$$

6.5 Punt més sol·licitat (axial + tallant)

Per trobar l'esforç equivalent amb les components axial i tallant farem servir el criteri de Von Mises:

$$\sigma_{eq.Von_mises} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

Com a resum tenim:

$$\sigma_{tot_punt_1} = 121,011MPa$$

$$\tau_{tot_punt_1} = 21,498MPa$$

$$\sigma_{tot_punt_2} = -223,177MPa$$

$$\tau_{tot_punt_2} = 20,805MPa$$

$$\sigma_{tot_punt_3} = -151,723MPa$$

$$\tau_{tot_punt_3} = 19,554MPa$$

$$\sigma_{tot_punt_4} = -192,465MPa$$

$$\tau_{tot_punt_4} = 18,789MPa$$

Per tant queda:

$$\sigma_{eq.Von_mises_punt_1} = \sqrt{(121,011)^2 + 3 \cdot (21,498)^2} = 126,610MPa$$

$$\sigma_{eq.Von_mises_punt_2} = \sqrt{(-223,177)^2 + 3 \cdot (20,805)^2} = 226,067MPa$$

$$\sigma_{eq.Von_mises_punt_3} = \sqrt{(-151,723)^2 + 3 \cdot (19,554)^2} = 155,457 MPa$$

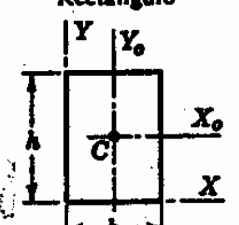

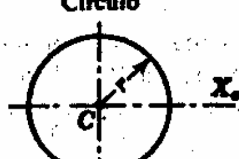
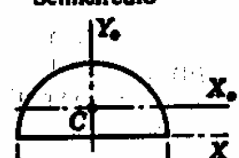
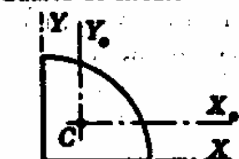
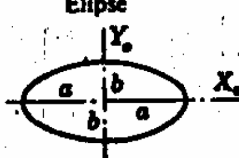
$$\sigma_{eq.Von_mises_punt_4} = \sqrt{(-192,465)^2 + 3 \cdot (18,789)^2} = 195,196 MPa$$

Per tant el punt de màxima sol·licitació es el punt 2 (-30,30).

Si suposem que es tracta d'un acer amb una $\sigma_{0,2}=275$ MPa, el coeficient de seguretat que queda es:

$$N_s = \frac{275}{226} = 1,217$$

7 ANNEX 1: MOMENTS D'INÈRCIA DE DIFERENTS SECCIONS

Figura	Momento de inèrcia	Radio de giro
<p>Rectàngulo</p> 	$I_x = \frac{bh^3}{12}$ $I_y = \frac{bh^3}{3}$	$k_x = \frac{h}{\sqrt{12}}$ $k_y = \frac{h}{\sqrt{3}}$
<p>Triàngulo cualquiera</p> 	$I_x = \frac{bh^3}{36}$ $I_y = \frac{bh^3}{12}$	$k_x = \frac{h}{\sqrt{18}}$ $k_y = \frac{h}{\sqrt{6}}$
<p>Círculo</p> 	$I_x = \frac{\pi r^4}{4}$ $I_y = \frac{\pi r^4}{2}$	$k_x = \frac{r}{2}$ $k_y = \frac{r}{\sqrt{2}}$
<p>Semicírculo</p> 	$I_x = I_y = \frac{\pi r^4}{8}$ $I_z = 0,11r^4$	$k_x = k_y = \frac{r}{2}$ $k_z = 0,264r$
<p>Cuarto de círculo</p> 	$I_x = I_y = \frac{\pi r^4}{16}$ $I_z = I_y = 0,055r^4$	$k_x = k_y = \frac{r}{2}$ $k_z = k_y = 0,264r$
<p>Elipse</p> 	$I_x = \frac{\pi ab^3}{4}$ $I_y = \frac{\pi ba^3}{4}$	$k_x = \frac{b}{2}$ $k_y = \frac{a}{2}$

© Marca Reg. N.º 2053385

8 ANNEX 2: TEOREMA DE STEINER

El teorema de Steiner (denominado en honor de Jakob Steiner) establece que el momento de inercia con respecto a cualquier eje paralelo a un eje que pasa por el centro de gravedad, es igual al momento de inercia con respecto al eje que pasa por el centro de gravedad más el producto de la masa por el cuadrado de la distancia entre los dos ejes:

$$I_{eje} = I_{eje}^{(CM)} + Mh^2$$

donde: I_{eje} es el momento de inercia respecto al eje que no pasa por el centro de masa; $I_{eje}^{(CM)}$ es el momento de inercia para un eje paralelo al anterior que pasa por el centro de gravedad; M - Masa Total y h - Distancia entre los dos ejes paralelos considerados.

La demostración de este teorema resulta inmediata si se considera la descomposición de coordenadas relativa al centro de masas $C \bar{\mathbf{r}} = \mathbf{r}_C + \mathbf{h}$ inmediata:

$$I_{eje} = \int_V \bar{\mathbf{r}} \cdot \bar{\mathbf{r}} \, dm = \int_V (\mathbf{r}_C \cdot \mathbf{r}_C + 2\mathbf{r}_C \cdot \mathbf{h} + \mathbf{h} \cdot \mathbf{h}) \, dm = \int_V \mathbf{r}_C \cdot \mathbf{r}_C \, dm + \int_V 2\mathbf{r}_C \cdot \mathbf{h} \, dm + \int_V \mathbf{h} \cdot \mathbf{h} \, dm$$

$$I_{eje} = I_{eje}^{(CM)} + \underbrace{2\mathbf{h} \cdot \int_V \mathbf{r}_C \, dm}_{=0} + Mh^2$$

donde el segundo término es nulo puesto que la distancia vectorial promedio de masa en torno al centro de masa es nula, por la propia definición de centro de masa.

9 ANNEX 3: PROPIETATS DELS MATERIALS (CARLES RIBA I ROMEVA "DISSENY DE MÀQUINES IV: SELECCIÓ DE MATERIALS")

Taula 12.4 Acers de construcció

UNE EN 10025-04 (antiga denominació UNE 36.080)	Acers d'ús general (amb especificacions de soldabilitat i resiliència)						S 355 (AE 355)				Acers d'ús general (sense esp. de soldabilitat, resiliència)			
	S 235 (AE 235)			S 275 (AE 275)			S 355 (AE 355)				S 185 (A-310)	E 295 (A 490)	E 335 (A 590)	E 360 (A 690)
	JR ⁽¹⁾	JO	J2 ⁽²⁾	JR	JO	J2 ⁽²⁾	JR	JO	J2 ⁽²⁾	K2 ⁽²⁾	1.0035	1.0050	1.0060	1.0070
Designació numèrica: EN 10027-2	1.0037	1.0114	1.0116/17	1.0044	1.0143	1.0144/45	1.0045	1.0553	1.0570/77	1.0595/96				
Composició química⁽³⁾														
Carboni C %	≤0,21	≤0,19	≤0,19	≤0,24	≤0,21	≤0,21	≤0,27	≤0,23	≤0,23	≤0,23	-	-	-	-
Manganès Mn %	≤1,50	≤1,50	≤1,50	≤1,60	≤1,60	≤1,60	≤1,70	≤1,70	≤1,70	≤1,70	-	-	-	-
Silici Si %	-	-	-	-	-	-	≤0,60	≤0,60	≤0,60	≤0,60	-	-	-	-
Fosfor P %	≤0,055	≤0,050	≤0,045	≤0,055	≤0,050	≤0,045	≤0,055	≤0,050	≤0,045	≤0,045	≤0,055	≤0,055	≤0,055	≤0,055
Sofre S %	≤0,055	≤0,050	≤0,045	≤0,055	≤0,050	≤0,045	≤0,055	≤0,050	≤0,045	≤0,045	≤0,055	≤0,055	≤0,055	≤0,055
Nitrogen N %	≤0,011	≤0,011	-	≤0,011	≤0,011	-	≤0,011	≤0,011	≤0,011	≤0,011	≤0,011	≤0,011	≤0,011	≤0,011
Propietats mecàniques														
Resistència tracció g _s 3 MPa	360-510	360-510	360-510	430-580	430-580	430-580	510-680	510-680	510-680	510-680	510-540	490-660	590-770	690-900
3 ^g g _s 100 MPa	340-470	340-470	340-470	410-560	410-560	410-560	490-630	490-630	490-630	490-630	290-510	470-610	570-710	670-830
100 ^g g _s 250 MPa	-	320-470	320-470	380-540	380-540	380-540	450-630	450-630	450-630	450-630	-	440-610	540-710	640-830
Limit elàstic g _s 16 MPa	235	235	235	275	275	275	355	355	355	355	185	295	335	360
16 ^g g _s 40 MPa	225	225	225	265	265	265	345	345	345	345	175	285	325	355
40 ^g g _s 100 MPa	-	215	215	235	235	235	315	315	315	315	-	255	295	325
100 ^g g _s 250 MPa	-	175	175	205	205	205	275	275	275	275	-	225	255	285
Allargament ruptura g _s 3 %	17	17	17	14	14	14	14	14	14	14	10	12	8	4
3 ^g g _s 100 %	24	24	24	20	20	20	20	20	20	20	18 ⁽⁴⁾	18	14	9
Resiliència KV 20°C J	27/-	(-)	(-)	17/23	(-)	(-)	27/23	(-)	(-)	(-)	-	-	-	-
0°C J	-	27/23	(-)	-	17/23	(-)	-	27/23	(-)	(-)	-	-	-	-
-20°C J	-	-	27/23	-	-	17/23	-	-	27/23	(-)	-	-	-	-
-40°C J	-	-	-	-	-	-	-	-	40/33	-	-	-	-	-
Propietats tecnològiques														
Cost Pta/kg	65	70	70	75	75	75	80	80	80	80	-	-	-	-
Soldabilitat [1-5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[4]	[4]	[4]	[4]	[1]	[1]	[1]	[1]
Carboni equivalent g _s 40 %	≤0,35	≤0,35	≤0,35	≤0,40	≤0,40	≤0,40	≤0,44	≤0,44	≤0,44	≤0,44	-	-	-	-
40 ^g g _s 150 %	-	≤0,38	≤0,38	≤0,42	≤0,42	≤0,42	≤0,47	≤0,47	≤0,47	≤0,47	-	-	-	-
150 ^g g _s 250 %	-	≤0,40	≤0,40	≤0,44	≤0,44	≤0,44	≤0,49	≤0,49	≤0,49	≤0,49	-	-	-	-
Conf. amb corrosions g _s 6	-	1 ^g	1 ^g	1 ^g	1 ^g	1 ^g	2 ^g	2 ^g	2 ^g	2 ^g	-	-	-	-
6 ^g g _s 8	-	1,5 ^g	1,5 ^g	1,5 ^g	2 ^g	2 ^g	2,5 ^g	2,5 ^g	2,5 ^g	2,5 ^g	-	-	-	-
8 ^g g _s 20	-	2 ^g	2 ^g	2 ^g	2,5 ^g	2,5 ^g	3 ^g	3 ^g	3 ^g	3 ^g	-	-	-	-
Resistència corrosió [1-5]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]

⁽¹⁾ JR (1.0037), estat de desoxidació a elecció del fabricant; JRGI (1.0036), acer efervescent (FU), %N≤0,009; JRGI (1.0038), acer no efervescent (FN), %C≤0,19 si g_s≤40, %C≤23 si g_s>40, resiliència=27/23 J

⁽³⁾ Anàlisi de producte

⁽⁴⁾ Gruixos de 3^gg_s40 mm

⁽²⁾ JTG3, K2G3, se subministren normalitzats (productes plans); JRGI, K2G4, el fabricant elegirà la forma d subministrament

⁽⁵⁾ Valor per a gruixos 10^gg_s150 mm/Valor per a gruixos 150^gg_s250 mm

Taula 12.4 Acers de construcció (continuació)

UNE	Acers de característiques mecàniques millorades						A. anticorrosió								Acers de calderes i recipients de pressió													
	AE 355 KW/KT		AE 390 KW/KT		AE 460 KW/KT		AE 355 W 1D				A 42 RC II		A 42 RB II		A 52 RB II		16 Mo 3		16 CrMo 45		12 Ni 14							
	F-6411	F-6412	F-6414	F-6415	F-6419	F-6420	F-6436				F-6307		F-6310		F-6320		F-2601		F-2631		F-2643							
DIN	36.081-76						36.082-84				36.087-74 I				36.087-74 II				36.087-74 III									
ASTM	A-516 Cr 70						A-242 75				A-515 60		A-516 60		A-516 70		A-204		A-387 11		-1.5637							
Composició química																												
Carboni C %	≤0,18						≤0,20						≤0,12				≤0,20		≤0,12-0,20		0,10-0,18		≤0,15					
Manganès Mn %	0,90-1,20						1,00-1,60						≤0,12				≤0,20		0,12-0,20		0,10-0,18		≤0,80					
Silici Si %	≤0,50						≤0,50						≤0,50				≤0,50		0,50-1,30		0,50-0,80		0,50-0,80					
Fosfor i sofre P+S %	≤0,035 / ≤0,030						≤0,035 / ≤0,030						≤0,035 / ≤0,030				≤0,040		≤0,040		≤0,040		≤0,040					
Crom Cr %	≤0,25						≤0,30						0,30-1,25				-		-		≤0,30		0,80-1,15					
Niquel Ni %	≤0,30						≤0,70						≤0,65				-		-		-		3,25-3,75					
Molibde Mo %	≤0,10						≤0,30						0,25-0,35				-		-		0,25-0,35		0,40-0,60					
Coure Cu %	≤0,35						≤0,50						-				-		-		-		-					
Altres	Nb, V, Al						Nb, V, Al, Ti						Al, Nb, V, Ti				N ₂ ≤0,009		N ₂ ≤0,009		N ₂ ≤0,009		-					
Propietats mecàniques																												
Resistència tracció MPa	490-630		490-630		510-690		510-690		570-720		570-720		510-610		410-530		510-630		510-630		430-530		440-570		450-600			
Limit elàstic 20°C MPa	≥345		≥345		≥375		≥375		≥440		≥440		≥345		≥220		≥220		≥320		≥275		≥285		≥265			
Limit elàstic (g _s 50 mm) 200°C MPa	≥245		-		≥275		-		≥335		-		-		≥190		-		-		≥220		≥245		-			
Limit elàstic 400°C MPa	≥165		-		≥185		-		≥235		-		-		≥135		-		-		≥165		≥200		-			
Limit elàstic 500°C MPa	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		≥150		≥185		-			
Allargament ruptura %	≥22		≥22		≥20		≥20		≥17		≥17		≥22		≥22		≥22		≥19		≥23		≥21		≥22			
Resiliència KV 20°C J	≥56		(C)		≥56		(C)		≥52		(C)		≥27		(C)		(C)		(C)		≥30		≥30		≥59			
Resiliència KV 0°C J	≥48		≥48		≥48		≥48		≥44		≥48		≥27		(C)		(C)		(C)		-		-		≥55			
Resiliència KV -20°C J	≥40		≥48		≥40		≥48		≥40		≥40		≥27		≥27		≥27		≥27		≥47		-		≥47			
Resiliència KV -50°C J	-		≥28		-		≥28		-		≥28		-		-		-		-		-		-		≥27			
Resiliència KV -100°C J	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
Res. fluència (10 ³) 350°C MPa	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		64		109		-			
Res. fluència (10 ³) 600°C MPa	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		44		-			
Propietats tecnològiques																												
Cost Pta/kg	95						105						100				80		85		85		120		210		-	
Soldabilitat [1-5]	[4]						[4]						[3]				[4]		[4]		[4]		[4]		[4]			
Radis de plegament (1)	2 ^g						2,5 ^g						3 ^g				2 ^g		3 ^g		3 ^g		3 ^g		3 ^g			
Resistència corrosió [1-5]	-						-						[3]				-		-		-		-		-			
Temp. normalització °C	-						-						-				-		-		-		880-940		900-950		820-850	
Temp. reveniment °C	-						-						-				-		-		-		600-650		630-710		580-630	

⁽¹⁾ Els radis de plegament es donen segons el gruix (g), en mm

Taula 12.5 Acers d'embotició i conformació en fred

UNE 36.086-91 (EN 10130)		Acers (laminats en fred) d'embotició i conformació en fred					
		Fe P01	Fe P03	Fe P04	Fe P05	Fe P06	
Antiga denominació UNE		AP 00	AP 01	AP 02	AP 03	AP 04	
		Embotició					
		Comercial	moderada	normal	profunda	profunda ⁽¹⁾	
Composició química							
Carboni	C	%	<0,12	<0,10	<0,08	<0,06	<0,02
Manganès	Mn	%	<0,045	<0,035	<0,030	<0,025	<0,020
Fòsfor i sofre	P/S	%	<0,60	<0,45	<0,40	<0,35	<0,25
Títani (o níquel)	Ti	%	-	-	-	-	<0,30
Propietats mecàniques							
Resistència ruptura	MPa		270÷410	270÷370	270÷350	270÷330	270÷350
Limit elàstic	MPa		140÷280	140÷240	140÷210	140÷180	120÷180
Allargament ruptura	%		>28	>34	>38	>40	>38
Dureza	HRB		45	40	40	40	40
Propietats tecnològiques							
Cost	Pta/kg		-	-	-	-	-
Soldabilitat	[1-5]		[5]	[5]	[5]	[5]	[5]
Envelliment	mesos		3	6	6	6	il·lim.
Coefficient d'acritud	n		-	-	>0,180	>0,200	>0,220
Coef. anisot. plàstica	r		-1,0	>1,3	>1,6	1,9÷3,0	1,8÷3,0

⁽¹⁾ No experimenta envelliment

Taula 12.6 Acers no aliats de continguts baixos i mitjans de C

		20°C	200°C	400°C	0÷200°C	0÷400°C
Propietats físiques						
Densitat	Mg/m ³	7,85	-	-	-	-
Coefficient de dilatació	µm/m·K	-	-	-	11,1÷12,2	12,8÷13,9
Calor específic	J/kg·K	430÷450	520÷540	600÷620	-	-
Conductivitat tèrmica	W/m·K	48÷52	46÷50	42÷45	-	-
Resistivitat elèctrica	nΩ·m	140÷160	260÷300	460÷500	-	-
Mòdul d'elasticitat	GPa	205÷210	-	-	-	-
Coefficient de Poisson	-	0,30	-	-	-	-

Taula 12.8 Acers de màquines

	Acers no aliats					Acers aliats								
	1 C 25 ⁽¹⁾	1 C 35 ⁽²⁾	1 C 45 ⁽²⁾	1 C 55 ⁽²⁾	28 Mn 6	46 Cr 2 46 CrS 2 ⁽²⁾	37 Cr 4 37 CrS 4 ⁽²⁾	34 CrMo 4 34 CrMoS 4 ⁽²⁾	42 CrMo 4 42 CrMoS 4 ⁽²⁾	34 CrNiMo 6	36 NiCrMo 16	51 CrV 4		
Anteriors UNE 36.011/36.012	F-1120/25	F-1130/35	F-1140/45	F-1150/55	(F-1203)		F-1201/06	F-1250/55	F-1252/57	(F-1270)	(F-1260)	F-1430		
DIN	1.1158/63 1025	1.1181/80 1035	1.1191/201 1045	1.1203/09 1055	1.1170 (1327)	1.7006/25 5046	1.7034/38 5135	1.7220/26 4135	1.7225/27 4140	(1.6582)	-	1.8159 6150		
Composició química														
Carboni	C	%	0,22÷0,29	0,32÷0,39	0,42÷0,50	0,52÷0,60	0,25÷0,32	0,42÷0,50	0,34÷0,41	0,30÷0,37	0,38÷0,45	0,30÷0,38	0,32÷0,39	0,47÷0,55
Cróm	Cr	%	-	-	-	-	-	0,40÷0,60	0,90÷1,20	0,90÷1,20	0,90÷1,20	1,30÷1,70	1,60÷2,00	0,90÷1,20
Manganès	Mn	%	0,40÷0,70	0,50÷0,80	0,50÷0,80	0,60÷0,90	1,30÷1,65	0,50÷0,80	0,60÷0,90	0,60÷0,90	0,60÷0,90	0,50÷0,80	0,30÷0,60	0,70÷1,10
Meibde	Mo	%	-	-	-	-	-	-	0,15÷0,30	0,15÷0,30	0,15÷0,30	0,15÷0,30	0,25÷0,45	-
Níquel	Ni	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,30÷1,70	3,60÷4,10	-
Vanadi	V	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10÷0,25
Propietats mecàniques														
<i>Estat de normalització TN⁽¹⁾</i>														
Resist. tracció	MPa		≥470÷440	≥550÷500	≥620÷560	≥680÷620	≥630÷590	-	-	-	-	-	-	-
Limit elàstic	MPa		≥260÷230	≥300÷245	≥340÷275	≥370÷300	≥345÷290	-	-	-	-	-	-	-
Allargament	%		≥22÷23	≥19÷18	≥14÷16	≥11÷12	≥17÷18	-	-	-	-	-	-	-
<i>Estat temp. T⁽²⁾</i>														
Resistència d _{16mm}	MPa		550÷700	630÷780	700÷850	800÷950	800÷950	900÷1100	950÷1150	1100÷1200	1100÷1300	1200÷1400	1250÷1450	1100÷1300
16÷d ₁₆₀	MPa		500÷650	600÷750	650÷800	750÷900	700÷850	800÷950	850÷1000	900÷1100	1000÷1200	1100÷1300	1250÷1450	1000÷1200
40÷d ₁₀₀	MPa		-	550÷700	630÷780	700÷850	800÷950	850÷1000	900÷1100	1000÷1100	1100÷1200	1100÷1300	1250÷1450	1000÷1100
100÷d ₁₆₀	MPa		-	-	-	-	-	750÷900	800÷950	900÷1100	1000÷1100	1100÷1200	1250÷1450	1000÷1100
160÷d ₂₅₀	MPa		-	-	-	-	-	700÷850	800÷950	900÷1100	1000÷1100	1100÷1200	1250÷1450	1000÷1100
Limit elàstic d _{16mm}	MPa		≥370	≥430	≥490	≥550	≥590	≥600	≥750	≥900	≥1000	≥1050	≥900	
16÷d ₁₆₀	MPa		≥320	≥380	≥430	≥490	≥490	≥550	≥630	≥750	≥900	≥1050	≥800	
40÷d ₁₀₀	MPa		-	≥320	≥370	≥420	≥440	≥400	≥510	≥650	≥800	≥900	≥700	
100÷d ₁₆₀	MPa		-	-	-	-	-	≥500	≥550	≥700	≥800	≥900	≥650	
160÷d ₂₅₀	MPa		-	-	-	-	-	≥450	≥500	≥650	≥750	≥850	≥600	
Allargament (d _{16mm})	%		≥19÷21	≥17÷20	≥14÷17	≥12÷15	≥13÷16	≥12÷15	≥11÷14	≥10÷14	≥9÷13	≥9÷13	≥9÷13	
Resiliència (KI)	J		≥45	≥35	≥25	≥15	≥10	≥12÷15	≥11÷14	≥10÷14	≥9÷13	≥9÷13	≥9÷13	
<i>Estat d'abliment T_d</i>														
Dureza	HB		-	-	207	229	223	223	235	223	241	248	269	248
Propietats tecnològiques														
Cost	pta/kg		100	100	100	100	100	140	145	150	160	200	200	180
Maquinabilitat			70	65	55	50	58	68	68	68	65	50	-	-
Temp. normalització	°C		880÷920	860÷900	840÷880	825÷865	850÷890	-	-	-	-	-	-	-
Temp. de temp.	°C		860÷900	840÷880	820÷860	805÷845	830÷870	820÷860	825÷865	830÷870	820÷860	830÷860	865÷885	820÷860
Medi de temp.	°C		agua	agua/oli	agua/oli	oli/agua	agua/oli	oli/agua	oli/agua	oli/agua	oli/agua	oli	aire/oli	oli
Temp. reveniment	°C		550÷660	550÷660	550÷660	550÷660	540÷660	540÷660	540÷660	540÷660	540÷660	540÷660	550÷650	540÷660

⁽¹⁾ Acers de qualitat (amb continguts de fòsfor i sofre més elevats i amb el contingut d'inclusions en forma d'òxid limitat) per als quals no s'especifica ni la resiliència ni la trempabilitat

⁽²⁾ Acers amb un contingut controlat de sofre (0,020÷0,040 %), amb una resposta a la mecanització més homogènia

⁽³⁾ Evolució dels valors mínims de la resistència i el limit elàstic (disminueixen) i de l'allargament (augmenta) segons

els diferents grups de dimensions: d₁₆; 16÷d₁₀₀; 100÷d₂₅₀

⁽⁴⁾ Evolució dels valors mínims de l'allargament i la resiliència (augmenta) segons els grups de dimensions: d₁₆; 16÷d₄₀; 40÷d₁₀₀; 100÷d₁₆₀; 160÷d₂₅₀

⁽⁵⁾ L'acer 2C45 (anterior F-1140) té una maquinabilitat de 55, i l'acer 11SMnPB38 (F-2112) té una maquinabilitat 160

Taula 12.8 Acers de màquines (continuació)

UNE	Acers de cementació					Acers de nitruració			Acers de molles (conformació en calent)			A. rodaments		
	C 10 k F-1510	16 MnCr 5 F-1516	18 CrMo 4 F-1550	15 NiCr 11 F-1540	20 NiCrMo 2 F-1522	14 NiCrMo 13 F-1560	31 CrMoV 10 F-1721	41 CrAlMo 7 F-1740	C 79 F-1410	56 Si 7 F-1440	60 SiCr 8 F-1442	100 Cr 6 F-1310		
	36.013-76					UNE 36.014-75			36.015-76			UNE 36.027		
DIN	1.1121	1.7131	1.7262	1.5732	1.6523	1.6657	-	1.8509	1.0605	1.0904	1.7103	1.2067/3505		
AISI/SAE	1010	(5115)	(4118)	(3316)	8620	9315	-	Nitralloy 135	1080	9255	9262	52100		
Composició química														
Carboni	C	%	0.07-0.13	0.13-0.19	0.15-0.21	0.10-0.16	0.17-0.22	0.11-0.17	0.28-0.35	0.38-0.45	0.72-0.85	0.52-0.60	0.57-0.64	0.95-1.10
Manganès	Mn	%	0.30-0.60	1.00-1.30	0.60-0.90	0.35-0.65	0.60-0.90	0.30-0.60	0.40-0.70	0.50-0.80	0.50-0.80	0.60-0.90	0.70-1.00	0.25-0.45
Silici	Si	%	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	0.20-0.50	0.15-0.40	1.50-2.00	1.70-2.20	0.15-0.35
Crom	Cr	%	-	0.80-1.10	0.85-1.15	0.60-0.90	0.35-0.65	3.00-3.50	2.30-2.80	1.50-1.80	-	-	0.25-0.40	1.35-1.65
Niquel	Ni	%	-	-	-	2.75-3.25	0.40-0.70	-	-	-	-	-	-	-
Molibde	Mo	%	-	-	0.15-0.25	-	0.15-0.40	0.20-0.30	0.30-0.50	0.25-0.40	-	-	-	-
Altres		%	-	-	-	-	-	-	V=0.2-0.3	Al=0.8-1.2	-	-	-	-
Propietats mecàniques														
Resist. tracció	d _n 10mm	MPa	540-830	930-1220	1030-1370	1030-1420	1030-1420	1130-1520	-	-	>1180	>1320	>1370	-
	10 _n d _n 30	MPa	440-740	830-1130	880-1180	880-1180	830-1130	1130-1420	-	-	-	-	-	-
	30 _n d _n 65	MPa	-	690-980	740-1030	780-1080	690-980	980-1270	1030-1220	930-1130	-	-	-	-
	65 _n d _n 160	MPa	-	-	-	-	-	-	-	830-1030	-	-	-	-
Limit elàstic	d _n 10mm	MPa	>345	>885	>785	>785	>785	>880	-	-	>880	>1130	>1180	-
	10 _n d _n 30	MPa	>295	>585	>635	>685	>590	>880	-	-	-	-	-	-
	30 _n d _n 65	MPa	-	>490	>590	>635	>540	>835	>830	>740	-	-	-	-
	65 _n d _n 160	MPa	-	-	-	-	-	-	-	>690	-	-	-	-
Allargament ruptura		%	>15	>12	>11	>10	>11	>11	>10	>12	>6	>6	>5	-
Resiliència	d _n 65mm	J	34	>20	>24	>34	>29	>29	30	20	-	-	-	-
	65 _n d _n 160	J	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-
Duresa per a mecanització		HB	<130	<205	<205	<215	<210	<240	<240	<275	<290	<330	<205	-
Duresa després tractament		HRC	-	38-46	39-47	38-47	40-48	38-46	>64	>68	57-65	59-66	65	-
Propietats tecnològiques														
Cost	pta/kg	(€)	120	150	165	180	-	-	240	220	-	-	-	-
Maquinabilitat			55	-	-	-	65	-	-	-	-	-	-	40
Temp. conformació calent		°C	-	-	-	-	-	-	-	-	900-840	900-830	920-830	-
Temp. cement/nitruració		°C	880-950	880-950	880-950	880-950	880-950	880-950	490-510	500-520	-	-	-	-
Temp. temp. nucli		°C	880-920	860-900	860-900	830-870	860-900	830-870	870-910	880-920	820-850	840-870	830-860	880-920
Temp. temp. capa		°C	770-810	860-900	800-840	760-800	800-840	760-800	-	-	-	-	-	770-810
Mèd. de temp.		(°C)	sigma	sigma	sigma	sigma	sigma	sigma	sigma	sigma	sigma	sigma	sigma	sigma
Temp. reveniment		°C	150-200	150-200	150-200	150-200	150-200	150-200	570-650	570-650	400-550	400-550	400-550	150-200

(1) L'acer 2Cr45 (anterior F-1140) té una maquinabilitat de 55, i l'acer 11SMnPB28 (F-2112) té una maquinabilitat 160

Taula 12.11 Acers per a mecanització

Taula 12.9 Fils d'acer per a molles

DIN 17.223	Fils d'acer de molles				
	A	B	C	D	
Diàmetres fils d'acer	mm	1-10	0.3-20	2-20	0.07-20
Resist. tracció	d=1 mm	MPa	1720-1970	1980-2220	2230-2470
	d=2 mm	MPa	-	1980-2200	-
	d=10 mm	MPa	1060-1230	1240-1400	1410-1570
Mòdul d'elasticitat	E	GPa	210		
Mòdul de rigidesa	G	GPa	81.5		

Taula 12.10 Propietats físiques dels acers de màquines

Acers no aliats

Propietats físiques (1)		20°C	200°C	400°C	0-200°C	0-400°C
		Densitat	Mg m ⁻³	7.85	-	-
Coefficient de dilatació	µm/m.K	11.6-13.0	-	-	-	-
Calor específic	J/kg.K	480-500	520-540	600-620	11.6-13.0	12.8-13.9
Conductivitat tèrmica	W/m.K	48-52	46-50	42-45	-	-
Resistivitat elèctrica	nΩ.m	140-160	260-300	460-500	-	-
Mòdul d'elasticitat	GPa	205-210	-	-	-	-
Coefficient de Poisson	-	0.30	-	-	-	-

Acers aliats

Propietats físiques (1)		20°C	200°C	400°C	0-200°C	0-400°C
		Densitat	Mg m ⁻³	7.85	-	-
Coefficient de dilatació	µm/m.K	11.6-13.0	-	-	-	-
Calor específic	J/kg.K	460-480	500-520	520-600	11.6-13.0	13.2-13.8
Conductivitat tèrmica	W/m.K	38-48	24-44	32-38	-	-
Resistivitat elèctrica	nΩ.m	220-240	290-350	480-530	-	-
Mòdul d'elasticitat	GPa	205-210	-	-	-	-
Coefficient de Poisson	-	0.30	-	-	-	-

UNE 36.021-80	Sense tractament		Cementació	Bonificació	
	11 SMn 28 F-2111	11SMnPB28 F-2112	10 S 20 F-2121	35 MnS 6 F-2131	45 MnS 6 F-2133
DIN	1.0715	1.0718	1.0721	(1.0726)	(1.0727)
AISI/SAE	(1213)	(12L14)	(1108)	1137	1144

UNE 36.021-80	Sense tractament		Cementació	Bonificació			
	11 SMn 28 F-2111	11SMnPB28 F-2112	10 S 20 F-2121	35 MnS 6 F-2131	45 MnS 6 F-2133		
DIN	1.0715	1.0718	1.0721	(1.0726)	(1.0727)		
AISI/SAE	(1213)	(12L14)	(1108)	1137	1144		
Composició química							
Carboni	C	%	<0.14	<0.14	0.07-0.13	0.33-0.39	0.41-0.48
Manganès	Mn	%	0.90-1.30	0.90-1.30	0.50-0.90	1.30-1.70	1.30-1.70
Silici	Si	%	<0.05	<0.05	0.15-0.40	0.10-0.40	0.10-0.40
Fosfor	P	%	<0.11	<0.11	<0.06	<0.04	<0.04
Sofre	S	%	0.24-0.32	0.24-0.32	0.15-0.25	0.09-0.13	0.24-0.32
Plom	Pb	%	-	0.15-0.35	-	-	-
Propietats mecàniques							
<i>Estat brut laminació</i>							
Duresa	d _n 100mm	HB	156	156	146	217	230
<i>Estat brut laminació</i>							
Res. tracció	d _n 40mm	MPa	460-750	460-750	440-740	-	-
	40 _n d _n 100	MPa	380-630	380-630	-	-	-
Limit elàstic	d _n 40mm	MPa	370	370	350	-	-
	40 _n d _n 100	MPa	240	240	-	-	-
Allargament	d _n 100mm	%	>10	>10	>9	-	-
<i>Estat normalització</i>							
Resistència tracció		MPa	380-510	380-510	-	-	-
Limit elàstic		MPa	215	215	-	-	-
Allargament ruptura		%	>20	>20	-	-	-
<i>Estat temp i reveniment</i>							
Duresa		HB	152	152	-	-	-
Res. tracció	d _n 40mm	MPa	-	-	540-880	670-860	720-910
	40 _n d _n 100	MPa	-	-	440-720	620-810	650-860
Limit elàstic	d _n 40mm	MPa	-	-	320	470	510
	40 _n d _n 100	MPa	-	-	260	440	490
Allargament	d _n 100mm	%	-	-	>14	>15	>15
Propietats tecnològiques							
Cost	pta/kg	(€)	95	100	-	-	125
Maquinabilitat			136	160	-	70	80
Temp. normalització		°C	890-920	890-920	-	850-875	840-870
Temp. de temp.		°C	-	-	880-950	-	-
Temp. cementació		°C	-	-	870-910	840-870	830-860
Temp. reveniment		°C	-	-	150-200	540-680	540-680

(1) L'acer 2Cr45 (anterior F-1140) té una maquinabilitat de 55, i l'acer 11SMnPB28 (F-2112) té una maquinabilitat de 160

Taula 12.13 Acers d'aines

UNE 36.018-94 (1/2/3/4)	No aliats, treball en fred		Aliats, treball en fred			Resist. xocs		Motlles de plàstic		Treball en calent		Acers ràpids		
	C 70 U F-5103	102 V 2 F-5118	90MnCrV8 F-5229	X100CrMoV5 F-5227	X100CrMoV12 F-5211	49WCrSi8 F-5242	49CrNiMo7 F-5302	X38CrSiMo16 F-5267	55NiCrMoV7 F-5307	X40CrSiMoV5 F-5318	H5 6-5-2 F-5604	HS 10-4-3-10 F-5553		
DIN	1.1620	1.2833	1.2842	1.2363	1.2379	1.2550	1.2311	1.2316	1.2714	1.2344	1.3343	1.3207		
AISI	W1	W2	O2	A2	D2	S1	P20		6E3	H13	M2	M48		
Composició química														
Carboni	C	%	0,65-0,74	0,95-1,09	0,85-0,95	0,90-1,05	1,45-1,75	0,55-0,65	0,35-0,45	0,33-0,43	0,50-0,60	0,35-0,45	0,82-0,92	1,20-1,35
Manganès	Mn	%	±0,35	±0,35	1,90-2,20	0,35-0,65	0,15-0,45	0,15-0,45	1,30-1,60	±1,00	0,65-0,95	±0,40	±0,40	±0,40
Silici	Si	%	±0,35	-	0,10-0,40	0,10-0,40	0,10-0,40	0,80-1,10	0,20-0,40	±1,00	0,10-0,40	0,90-1,20	±0,40	±0,40
Crom	Cr	%	-	-	0,20-0,50	4,50-5,50	11,00-13,00	0,90-1,20	1,80-2,10	15,00-17,00	0,95-1,25	4,50-5,50	3,50-4,50	3,50-4,50
Níquel	Ni	%	-	-	-	-	-	-	-	±1,00	1,50-2,00	-	-	-
Molibde	Mo	%	-	-	0,90-1,40	0,70-1,00	-	-	0,15-0,25	1,00-1,50	0,30-0,50	1,20-1,70	4,60-5,30	3,20-3,90
Cobalt	Co	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,50-10,50
Wolfram	W	%	-	-	-	-	-	1,70-2,30	-	-	-	-	-	9,00-10,50
Vanadi	V	%	-	0,10-0,35	0,05-0,10	0,25-0,45	0,50-0,80	0,10-0,30	-	-	0,05-0,25	0,85-1,15	1,70-2,20	3,00-3,50
Propietats físiques														
Densitat	Mg/m ³		7,84	7,85	7,86	7,86	7,70	7,88	7,85	7,70	7,86	7,76	8,16	8,20
Dilatació tèrmica (1)	µm/m·K		12,9	14,2	14,3	12,6	11,8	13,6	13,8	12,0	12,6	12,7	11,8	-
Calor específic	J/kg·K		-	-	-	-	-	-	-	460	430	420	460	-
Conductivitat tèrmica (2)	W/m·K		48,1	-	33,0	-	-	-	35,7	29,0	36,5	24,5	21,4	-
Propietats mecàniques														
Resistència tracció (3)	MPa		-	-	-	-	(2250)	1790	(1730)	-	(2120)	2050	-	-
Duresa recuita	HB		190	210	220	230	250	225	255	230	230	240-300	240-300	65-67
reveniment 200°C	HRC		52-60	60-64	64-60	63-60	63-61	60-58	51-50	49-47	58-54	54-52	64-66-62	-
reveniment 400/500°C	HRC		-	-	50-42	57-38	58-62	52-48	46-47	46-47	49-46	54-56	62-62	-
reveniment 600/700°C	HRC		-	-	38-	52-	50-	43-	36-28	32/-	38/34 (650°C)	50-32	62-46 (800°C)	-
Mòdul d'elasticitat	GPa		210	210	210	-	193	-	-	220	213	216	217	-
Propietats tecnològiques														
Cost	pta/kg		180	200	300	-	700	450	300	750	350	700	1200	2500
Temperatura recuita	°C		740-780	740-780	680-720	800-840	830-860	710-750	710-740	760-800	650-700	750-800	770-860	770-840
reveniment 200°C	°C		795-825	775-805	790-820	930-970	1000-1050	870-900	840-870	1020-1050	830-870	1020-1050	1090-1230	1200-1240
reveniment 400/500°C	°C		150-250	150-250	180-220	150-550	500-550	180-220	180-220	500-550	400-600	300-550	530-560	540-570
Medi de temp (4)	W.O.A.S		W	W	O	O.A.S	O.A.S	O.S	O.S	O.S	O.A	A.O.S	S	S
Trempabilitat	[1-5]		[1]	[4]	[4]	[5]	[5]	[2]	[3]	[3]	[5]	[5]	[5]	[5]
Indeformabilitat temp	[1-5]		[1]	[1]	[4]	[5]	[5]	[2]	[3]	-	[3]	[4]	[2-3]	[2-3]
Maquinabilitat	[1-5]		[5]	[5]	[4]	[2]	[1-2]	[4]	[3]	-	[4]	[4]	[1-2]	[1-2]
Tenacitat	[1-5]		[3]	[3]	[3]	[3]	[2]	[2]	[1]	-	[4]	[4]	[1-3]	[1-3]
Resistència ablatament	[1-5]		[1]	[1]	[1]	[3]	[3]	[1]	[1]	-	[3]	[3]	[4]	[2-3]
Resistència desgast	[1-5]		[1-2]	[1-2]	[3]	[3]	[2-4]	[1-2]	[1-2]	-	[2]	[2]	[4]	[5]

(1) entre 20-400°C. (2) a 100°C. (3) (entre parèntesis) = resistència després de temp i reveniment; sense parèntesis = resistència en enduriment secundari. (4) duresa després de temp. (5) W=augua, O=oli, A=aire, S=bany de sal

Taula 12.14 Acers inoxidable

UNE 36.016-89	Martènitics		Ferritics		Austenitic Cr-Ni		Austenitic Cr-Ni-Mo		Refractaris	Inox. PH	
	X2Cr13 F-3402	X18CrNi12 F-3427	(X10CrNi12) F-3112	X8Cr17 F-3113	X12CrNi17 F-3517	X5CrNi18-10 F-3504	X6CrNiTi18-10 F-3523	X5CrNiMo17-12-2 F-3534	X5CrNiMo17-12-2 F-3535	(X6CrNi25-20)	(17-7 PH)
DIN	1.4021	1.4057	1.4125	1.4512	1.4310	1.4301	1.4541	1.4401	1.4571	1.4845	-
AISI	420	431	440 C	409	301	304	321	316	316 Ti	310	631
Composició química											
Carboni	C	%	0,17-0,23	0,14-0,23	0,95-1,20	± 0,08	± 0,08	± 0,15	± 0,07	± 0,08	0,09
Crom	Cr	%	12,0-14,0	15,5-17,5	16,0-18,0	10,5-11,8	16,0-18,0	16,0-18,0	17,0-19,0	16,5-18,5	24,0-26,0
Níquel	Ni	%	± 1,0	1,5-2,5	± 0,75	-	-	6,0-8,0	8,0-11,0	9,0-12,0	19,0-22,0
Altres		%	-	-	-	6-CuTi0,8	-	±0,08	±0,08	±0,08	0,75-1,1
Propietats físiques											
Densitat	Mg/m ³		7,78	7,78	7,78	7,70	7,70	7,98	7,98	7,98	8,00
Dilatació tèrmica (1)	µm/m·K		10,3	10,2	10,2	10,5	10,4	17,0	17,2	16,6	15,9
Calor específic	J/kg·K		460	460	460	460	460	500	500	500	500
Conductivitat tèrmica (2)	W/m·K		24,9	20,2	24,2	25,0	26,1	16,2	16,2	16,1	16,2
Resistivitat elèctrica	mΩ·m		550	720	600	590	600	720	720	720	750
Propietats mecàniques											
Resistència tracció (3)	MPa		±740	±950	±760	460	630	±800	±700	±730	±740
Límit elàstic (0,2%)	MPa		650-850	800-1080	1100-1970	-	610-900	860-1560	690-1030	610-1400	750-1350
	MPa		430	630	450	240	250	215	195	200	210
	MPa		500-550	680-900	650-1920	-	400-850	515-965	380-760	-	1300-1800
Allargament ruptura	MPa		400	505	210	245	-	7	125	155	145
Límit de fatiga	%		25/13	15/11	14/2	30/-	25/2	35/8	50/10	50/-	50/-
Duresa	MPa		300	280	280	280	280	240-420	240	260	270
Resiliència KV	HB		±225/275	±285/425	±275/550	±150/-	±190/230	±210/380	±185/320	±185/-	±185/-
Mòdul d'elasticitat	J		-	-	-	±85	±85	±85	±85	±85	±85
Coefficient de Poisson	GPa		220	216	216	220	220	200	200	200	200
			0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,29	0,29	0,29	0,30
Propietats tecnològiques											
Cost	pta/kg		250	450	750	300	300	400	400	450	500
Temperatura recuita	°C		750-780	650-750	730-790	750-850	750-850	-	-	-	-
reveniment 200°C	°C		980-1040	980-1070	1010-1070	-	-	-	-	-	-
reveniment 400/500°C	°C		650-750	600-700	150-300	-	-	-	-	-	-
reveniment 600/700°C	°C		735/620	-/-	815/760	-/-	870/815	-	-	-	-
Soldabilitat	[1-5]		[1]	[1]	[1]	[2]	[1]	840/900	870/925	870/925	870/925
Maquinabilitat	[1-5]		[2]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
Aptitud al tall	[1-5]		[2]	[2]	[1]	[1]	[1]	[2]	[3]	[3]	[3]
Aptitud a l'embotició	[1-5]		[3-4]	[2]	[1]	[1]	[1]	[4]	[4]	[4]	[4]

(1) 20-100°C. (2) 100°C. (3) recuit a 20°C. (4) acritud ±1/2 dur; o temp + reveniment, 20°C. (5) recuit, o temp + reveniment a 200°C. (6) recuit, o h+rev a 400°C / 550°C.

(7) (recuit a 20°C)/(acritud; o temp + reveniment a 20°C). (8) (intermitent)(en continu). (9) solubilitat. (10) enduit per precipitació

Taula 12.15 Foses grises, nodulars i ADI

UNE	Foses grises (grafit laminar)					Foses nodulars (grafit esferoidal)					Foses nodulars ADI	
	FG 15	FG 20	FG 25	FG 30	FG 35	FGE 38-17	FGE 43-12	FGE 50-7	FGE 60-2	FGE 70-2	GGG-100 B DIS 2	GGG-120 B DIS 3
	UNE 36.011-73 (ISO 185)					UNE 36.118-73						
DIN	0.6015	0.6020	0.6025	0.6030	0.6035	0.7038	0.7042	0.7050	0.7060	0.7070		
ASTM	-25	-30	-35	-45	-50	-60-42-10	-60-42-10	-70-50-05	-80-60-03	-100-70-02		
Composició química												
Carboni	C	%	3,60±3,80	3,40±3,60	3,20±3,40	3,00±3,20	2,80±3,080	3,70±3,80	3,70±3,80	3,60±3,70	3,60±3,70	3,60±3,70
Manganès	Mn	%	0,50±0,90	0,50±0,90	0,50±0,90	0,50±0,90	0,50±0,90	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Silici	Si	%	1,80±2,20	1,70±2,00	1,60±1,90	1,50±1,80	1,50±1,75	2,70±2,80	2,60±2,80	2,40±2,70	2,20±2,60	2,00±2,20
Sofre	S	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfor	P	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Altres		%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Propietats físiques												
Densitat	Mg/m ³		7,00	7,08	7,15	7,22	7,30	7,10	7,12	7,14	7,17	7,20
Coefficient dilatació	µm/m·K		11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	12,2	12,2	12,0	11,9	11,7
Calor específic	J/kg·K		530	530	530	530	530	460	460	460	460	460
Conductivitat tèrmica	W/m·K		65	56	51	48	45	37	35	34	32	30
Resistivitat elèctrica	µΩ·m		0,80	0,77	0,74	0,70	0,67	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54
Propietats mecàniques												
Resistència tracció	MPa		150-200	200-250	250-300	300-350	350-400	380-450	420-540	500-650	600-750	700-850
Resistència flexió	MPa		250-390	290-440	340-490	390-540	490-640	-	-	-	-	1000-1200
Resistència compressió	MPa		540-690	590-830	690-980	780-1180	930-1370	-	-	-	-	-
Resistència cisallament	MPa		160-240	220-290	260-350	320-410	370-470	-	-	-	-	-
Limit elàstic (0,2%)	MPa		-	-	-	-	-	235-300	280-320	320-370	370-420	415-470
Allargament ruptura	%		-	-	-	-	-	17-20	12-16	7-12	2-8	2-5
L. fatiga (amb entalla)	MPa		70	90	110	135	145	180-200	190-210	210-240	240-280	280-300
L. fatiga (sense entalla)	MPa		70	85	105	115	125	115-120	120-125	125-145	145-165	165-180
Duresa superficial	HB		135-165	160-195	180-220	200-245	225-275	140-1800	150-200	170-240	210-280	230-300
Resiliència	J		-	-	-	-	-	>15	>12	-	-	>8
Mòdul d'elasticitat E	GPa		80-100	90-115	120-120	110-135	120-140	172	171	170	169	168
Mòdul de rigidesa G	GPa		40	46	50	54	56	63	63	63	63	63
Coefficient de Poisson	-		0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275
Propietats tecnològiques												
Cost (peça)	pta/kg		140-180	150-190	160-200	170-210	180-220	180-240	180-240	190-250	200-260	210-270
Contractació	%		-1	-1	-1	-1	-1	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7
Temperatura fusió	°C		1175	1200	1225	1225	1275	1120	1120	1130	1140	1150
Temp. tremp baníctic	°C		-	-	-	-	-18	-	-	-	-	-
Grux mínim	mm		≥4	≥8	≥10	≥14	-	-	-	-	-	-

Taula 12.16 Acers no aliats d'emmotllament

UNE 36.252-71 (b/c, R, mínim; c, KU mínim) DIN 1681 (GS, sec. 1, R, mínim)	AM 38 a/b/c F-8101/2/3 GS-38.98.1 1.0416	AM 45 b/c F-8104/5 GS-45.1 1.0443	AM 52 b/c F-8106/7 GS-52.1 1.0551	AM 60 a/b/c F-8108/09/10 GS-60.60.1 1.0553		
Composició química						
Carboni	C	%	<0,23	<0,23	-	-
Fosfor	P	%	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Sofre	S	%	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Propietats mecàniques						
Resistència tracció	MPa		>370	>440	>510	>590
Limit elàstic (b/c)	MPa		>185	>225	>255	>295
Allargament ruptura	%		25	22	18	15
Duresa	HB		105-165	125-185	145-200	165-220
Resiliència KU (c)	J		19,5	14,5	12,0	7,5
Propietats tecnològiques						
Cost (peça)	pta/kg		-	-	-	-

Taula 12.17 Acers bonificats d'emmotllament

UNE 36.255-79	AM 30 Mn 5 F-8311 1.1165	AM 35 Cr 4 F-8321 -1.7034	AM 34 CrMo 4 F-8331 1.7220	AM 30 NiCrMo 7 F-8351 -1.6582		
Composició química						
Carboni	C	%	0,25-0,34	0,30-0,40	0,30-0,38	0,27-0,34
Manganès	Mn	%	1,20-1,60	0,50-0,80	0,50-0,80	0,50-0,80
Crom	Cr	%	-	0,80-1,20	-	0,60-0,90
Níquel	Ni	%	-	-	-	1,40-2,00
Molibde	Mo	%	-	-	0,15-0,30	0,20-0,40
Propietats mecàniques						
Resistència tracció	MPa		>550	>640	>685	>735
Limit elàstic	MPa		>345	>390	>440	>540
Allargament ruptura	%		>14	>12	>13	>14
Temp i reveniment	MPa		640-785	735-880	785-930	930-1030
Resistència tracció	MPa		>390	>440	>590	>735
Limit elàstic	MPa		>12	>10	>9	>9
Allargament ruptura	%		>19,5	>14,5	>14,5	>19,5
Propietats tecnològiques						
Cost (peça)	pta/kg		-	-	-	-

Taula 12.18 Acers inoxidable d'emmotllament

UNE 36.257-73; 36.258-74	Resistents a la corrosió			Refractaris		
	AM X12Cr13 F-8401 -CA-15 1.4027	AM X7CrNi20-10 F-8411 CF-8 1.4308	AM X7CrNiMo20-10 F-8414 CF-8M 1.4408		AM X40CrNi20-25 F-8451 HK 1.4848	
Composició química						
Ferro	Fe	%	±0,15	±0,08	±0,08	0,20-0,60
Crom	Cr	%	12-14	18,0-21,0	18,0-21,0	24,0-28,0
Níquel	Ni	%	±1,00	8,0-11,0	9,0-12,0	18,0-22,0
Molibde	Mo	%	<0,50	-	2,0-3,0	<0,50
Propietats mecàniques						
Resistència tracció	MPa		590-785	440-660	440-660	≥480
Limit elàstic	MPa		≥390	≥175	≥185	≥240
Allargament ruptura	%		≥15	≥29	≥20	≥10
Duresa	HB		170-240	130-200	130-200	-
Resiliència (entalla)	J		≥27,5	≥55	≥69	-
Propietats tecnològiques						
Cost	pta/kg		900	1150	1300	-
Temperatura recuita	°C		-750	-	-	-
Temp i reveniment	°C		±950	±1050	±1050	-
Temp (o hipertremp)	°C		600-750	-	-	-

Taula 13.1 Aliatges d'alumini de forja

Aliatges de forja no bonificables												
Grup Al					Grup Al-Mg							
Registre Internacional d'Aliatges	1050	1080	1200	3003	3004	5005	5052	5083	5086	5754		
UNE	L 3051 38.114	L 3081 38.118	L 3001 38.115	L 3810 38.381	L 3820 38.382	L-3350 38.335	L-3360 38.336	L-3321 38.340	L 3322 38.341	L 3390 38.339		
ISO R209 DIN 17007	Al99,5 3.0255	Al99,8 3.0285	Al99,8 3.0205	AlMnCu 3.0517	AlMnMg1 3.0526	AlMg1 3.3315	AlMg2 3.3323	AlMg4.5Mn 3.3547	AlMg4 3.3545	AlMg5 3.3555		
Composició química												
Coure	Cu	%	-	-	-	0,12	-	-	-	-	-	-
Magnesi	Mg	%	-	-	-	-	1,0	0,8	2,5	4,5	4,0	3,0
Manganès	Mn	%	-	-	-	1,2	-	-	0,7	0,4	0,5	-
Silici	Si	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zenc	Zn	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Altres		%	Al 99,5	Al 99,8	99,0	-	-	0,25 Cr	0,15 Cr	0,15 Cr	0,25 Cr	-
Propietats físiques												
Densitat	Mg/m ³	2,70	2,70	2,71	2,73	2,72	2,70	2,68	2,66	2,66	2,67	
Coefficient dilatació	µm/m·K	23,3	23,6	23,5	23,0	23,2	23,7	23,8	23,9	23,9	23,8	
Calor específic	J/kg·K	900	900	905	890	890	900	900	900	900	900	
Conductivitat tèrmica	W/m·K	230	235	220/215	190/160/155	160/-	205	135	120	125	130	
Resistivitat elèctrica	nΩ·m	28	28	29/30	42/43	41/-	35	49	60	54	53	
Propietats mecàniques												
Tractament												
Resist. tracció	MPa	O	H14	H18	O	H14	O	H14	H18	O	H14	H18
		75	120	165	75	120	90	130	175	115	160	220
Resistència cisallament	MPa	O	H14	H18	O	H14	O	H14	H18	O	H14	H18
		55	75	95	-	-	65	80	100	75	100	110
Limit elàstic	MPa	O	H14	H18	O	H14	O	H14	H18	O	H14	H18
		25	100	140	20	100	25	110	150	40	145	185
Allargament	%	O	H14	H18	O	H14	O	H14	H18	O	H14	H18
		45	11	7	45	10	40	10	7	35	12	7
Limit de fatiga (5·10 ⁶)	MPa	O	H14	H18	O	H14	O	H14	H18	O	H14	H18
		20	35	45	-	-	-	-	-	45	60	70
Duresa	HB	O	H14	H18	O	H14	O	H14	H18	O	H14	H18
		20	30	40	17	25	20	35	45	28	40	55
Mòdul d'elasticitat	GPa	O	H14	H18	O	H14	O	H14	H18	O	H14	H18
		69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0
Coefficients de Poisson		O	H14	H18	O	H14	O	H14	H18	O	H14	H18
		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Propietats tecnològiques												
Cost	pta/kg	450	500	400	550	600	600	600	700	600	600	
Temperatura de fusió	°C	645+655	650+655	645+655	645+655	630+655	630+650	610+650	580+640	585+640	590+645	
Resistència corrosió	[1-5]	[4]	[4]	[3+4]	[4]	[4]	[4]	[4-5]	[5]	[3]	[4-5]	
Conformació en fred	[1-5]	[5][4]	[5][4]	[5][4]	[5][4]	[5][3]	[5][3]	[4][2]	[4][2]	[4][2]	[4][2]	
Maquinabilitat	[1-5]	[1][2]	[1]	[1][2]	[1][2]	[1][2]	[1][2]	[2]	[2]	[2]	[2]	
Soldabilitat	[1-5]	[5]	[4+5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[4]	[4+5]	[4+5]	[4+5]	

Taula 13.1 Aliatges d'alumini de forja (continuació)

Aliatges de forja bonificables												
Grup Al-Cu					Grup Al-Mg-Si							
Registre Internacional d'Aliatges	2011	2014	2017	2024	2030	6005	6061	6063(6060)	6082	7020	7049	7075
UNE	L-3192 38.322	L 3130 38.313	L 3120 38.312	L 3140 38.314	L 3121 38.319	L-3454 38.349	L-3420 38.342	(L-3441) (38.337)	L-3453 38.348	L-3741 38.374	L-3751 38.375	L-3710 38.371
ISO R209 DIN 17007	AlCuSiBp 3.1655	AlCuSiBpMg 3.1255	AlCuSiBpSi 3.1325	AlCuSiBpMg1 3.1355	AlCuSiBpMg 3.1645	AlSiMg 3.3210	AlMgSiCu 3.3211	AlMgSiSi 3.3207	AlSiMgMn 3.2315	AlZn4.5Mg1 3.4335	AlZnSiMgCu -	AlZnSiMgCu 3.4365
Composició química												
Coure	Cu	%	5,5	4,4	4,0	4,4	4,0	0,3	-	-	-	1,5
Magnesi	Mg	%	-	0,5	0,6	1,5	0,9	1,0	0,7	0,9	0,7	2,5
Manganès	Mn	%	-	0,8	0,7	0,6	1,0	-	0,6	-	-	2,5
Silici	Si	%	-	0,8	0,5	-	0,8	0,6	0,4	1,0	-	-
Zenc	Zn	%	-	-	-	-	0,5	-	-	-	4,5	7,7
Altres		%	Pb: Bt 0,4	-	-	-	-	Cr 0,2	-	-	Cr 0,15	Cr 0,15
Propietats físiques												
Densitat	Mg/m ³	2,83	2,80	2,79	2,78	2,70	2,70	2,69	2,71	2,71	2,82	2,80
Coefficient dilatació	µm/m·K	23,2	23,0	23,0	23,2	23,4	23,4	23,4	23,4	23,5	23,4	23,4
Calor específic	J/kg·K	865	875	875	875	860	900	895	900	875	875	875
Conductivitat tèrmica	W/m·K	150/170	135/155	190/135	120/155	135	-165	180/155/165	190/210/200	175	175	155
Resistivitat elèctrica	nΩ·m	44/38	51/43	34/51	50	51	-35	37/43/40	50/55/53	38	42	43
Propietats mecàniques												
Tractament												
Resist. tracció	MPa	T3	T8	T4	T6	O	T4	T3	T4	T6	T61	T1
		380	405	425	480	180	425	485	470	475	370	172
Resistència cisallament	MPa	T3	T8	T4	T6	O	T4	T3	T4	T6	T61	T1
		195	-	275	-	275	380	310	310	-	-	-
Limit elàstic	MPa	T3	T8	T4	T6	O	T4	T3	T4	T6	T61	T1
		110	-	110	-	110	185	180	180	-	-	-
Allargament	%	T3	T8	T4	T6	O	T4	T3	T4	T6	T61	T1
		220	240	260	240	125	260	285	285	-	-	-
Limit de fatiga (5·10 ⁶)	MPa	T3	T8	T4	T6	O	T4	T3	T4	T6	T61	T1
		295	310	290	415	70	275	345	325	395	235	-
Duresa	HB	T3	T8	T4	T6	O	T4	T3	T4	T6	T61	T1
		15	12	20	13	22	22	17	19	10	-	-
Mòdul d'elasticitat	GPa	T3	T8	T4	T6	O	T4	T3	T4	T6	T61	T1
		71,0	73,0	74,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0
Coefficients de Poisson		T3	T8	T4	T6	O	T4	T3	T4	T6	T61	T1
		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Propietats tecnològiques												
Cost relatiu	pta/kg	700	700	725	700	725	600	825	700	750	1000	1000
Temperatura de fusió	°C	540+645	510+635	515+640	500+635	510+635	610+655	580+650	615+655	570+645	570+645	475+625
Resistència corrosió	[1-5]	[1]	[2]	[1]	[1]	[1]	[3+4]	[3+4]	[3+4]	[4]	[3]	[2]
Conformació en fred	[1-5]	[1]	[1]	[4][1]	[1]	[1]	[1]	[4][2]	[2][1]	[2]	[1]	[1]
Maquinabilitat	[1-5]	[5]	[4]	[4]	[4]	[4]	[3]	[5]	[3]	[4]	[4]	[4]
Soldabilitat	[1-5]	[1]	[3]	[3]	[3]	[3]	[4]	[5]	[4]	[4]	[3+4]	[2]

Taula 13.2 Aliatges d'alumini d'emmotllament

UNE	Grup Al		Grup Al-Si		Grup Al-Mg		Grup Al-Cu				Grup Al-Zn		
	L-2051 38.125	L-2520 38.252	L-2560 38.256	L-2610 38.261	L-2310 38.231	L-2341 38.235	L-2140 38.214	L-2150 38.215	L-2170 38.271	L-2150 38.215	L-2170 38.271		
ISO R/164, 2147, 3522	Al99.5	AlSi12	AlSi10Mg	AlSi1Cu2	AlSi8Cu2	AlMg10	AlMg2	AlCu9Mg11	AlCu9Zn2Mg	AlZn5Mg			
AA (Aluminum Association) DIN 1725-2	150.1 3.0250	413.0 3.3581	360.0 3.2381	365.0 3.2151	520.0 3.2161	-512.0 (3.3591)	3.3541	204.0 3.1371	242.0 3.1754	242.0 3.1754	(712.0) -		
Composició química													
Coure	Cu	%	-	-	-	-	-	4,60	4,0	0,25	0,25		
Magnes	Mg	%	-	-	0,40	0,4	10,0	0,25	1,5	-	0,60		
Silici	Si	%	-	12,0	10,0	7,0	-	-	-	-	-		
Zenc	Zn	%	-	-	-	-	-	-	-	-	5,20		
Altres		%	Al 99,5	-	Mn 0,5	-	Ti 0,15	Ti 0,20	Ni 2,0	-	Cr, Ti 0,2		
Propietats físiques													
Densitat	Mg/m ³	2,70	2,66	2,68	2,68	2,72	2,57	2,67	2,75	2,80	2,81		
Coefficient dilatació	µm/m·K	24,0	20,0	20,0	21,5	21,0	24,5	24,0	23,0	22,5	24,7		
Calor específic	J/kg·K	900	865	875	875	875	910	900	860	860	865		
Conductivitat tèrmica	W/m·K	215	145+165	135+160	125+150	110	70+100	110+160	125+160	167+130	138		
Resistivitat elèctrica	nΩ·m	30	45+50	45+50	45+60	63	82 (T4)	60	47	39+52	49		
Propietats mecàniques													
Emmotllament	Tractament	S	C	S	C	Sorra		Conquilla		Sorra		Conquilla	
		F	F	F	F	F	T6	F	T6	F	T6	F	T6
Resistència tracció	MPa	80	80	150	170	160	220	180	250	130	230	150	280
Limit elàstic	MPa	30	35	70	80	80	180	90	200	70	200	80	230
Allargament	%	35	40	5	2	2	1	2	1	2	1	2	1
Limit de fatiga	MPa	-	-	50	-	-	-	-	-	70	75	80	85
Duresa	HB	20	20	50	55	50	75	50	90	65	90	70	100
Mòdul d'elasticitat	GPa	69,0	73,0	73,0	75,0	75,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0
Coefficient de Poisson		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Propietats tecnològiques													
Cost	pta/kg	650	575+585	555+590	515+615	520+590	450+605	590+640	530+635	530+635	570+615		
Temperatura de fusió	°C	650	575+585	555+590	515+615	520+590	450+605	590+640	530+635	530+635	570+615		
Contracció lineal	%	1,6	1,1	1,2	1,3	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,5		
Fragilitat de coartació	[1-5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[3]	[3]	[3]	[1]		
Colabilitat	[1-5]	[2]	[3]	[3]	[4]	[3]	[3]	[2]	[2]	[2-3]	[2]		
Maquinabilitat	[1-5]	[2]	[1]	[3]	[3]	[3]	[3]	[4]	[3]	[4]	[4]		
Soldabilitat	[1-5]	[5]	[4]	[4]	[4]	[4]	[5]	[3]	[3]	[3]	[3]		
Resistència en calent	[1-5]	-	-	-	[3]	[3]	[3]	[3]	[2]	[2]	[3]		
Resistència corrosió	[1-5]	[5]	[5]	[4]	[2]	[2]	[5]	[2]	[2]	[2]	[4]		

Taula 13.3 Coure i aliatges de coure

ISO 1191 UNE 57.103	Coure electrolític, fosforat	Llants de forja				Bronzes de forja						
		deformació en fred		def calent	de mecan.	a l'estany		a l'alumini				
Número DIN	Cu99.95	CuZn30 C-6130	CuZn35 C-6135	CuZn40 C-6140	CuZn39PB3 C-6440	CuZn39AlFeZn C-6680	CuZn25Al5Fe13Mn C-6620	CuZn38Sn C-6840	CuZn28Sn1P C-6820	Cu5SnP C-7130	CuAl10Fe4 C-7150	
Número UNS	Diversos	C 26000	C 27000	C 28000	2.0375 C 36000	-	-	C 46400	C 44500	C 51000	C 61400	
Composició química												
Coure	Cu	%	>99,95	70	65	60	61	57	58	68	61	
Zenc	Zn	%	-	30	35	40	36	39	39	25	38	
Estany	Sn	%	-	-	-	40	36	-	-	1	1	
Piom	Pb	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Alumini	Al	%	-	-	-	-	3	0,8	-	5	-	
Niquel	Ni	%	-	-	-	-	-	-	-	-	7,5	
Altres		%	-	-	-	-	-	Fe 0,8 Mn 1,1	Fe 1,5 Mn	P	Fe 2,5	
Propietats físiques												
Densitat	Mg/m ³	8,94	8,53	8,47	8,39	8,50	8,47	8,47	8,28	8,95	8,41	
Coefficient dilatació	µm/m·K	17,0	19,9	20,3	20,8	20,5	20,5	20,9	21,5	20,3	21,2	
Calor específic	J/kg·K	385	375	384	375	380	380	380	380	380	380	
Conductivitat tèrmica	W/m·K	391	120	116	123	133	123	123	123	116	110	
Resistivitat elèctrica	nΩ·m	17,1	62	64	62	66	62	62	72	102	66	
Conductivitat elèctrica	%ACS	100-101	28	27	28	26	28	28	28	16	26	
Propietats mecàniques												
Tractament	Resistència tracció	O	H1	H4	O	H4	O	H2	O	H4	O	H4
		MPa	220	260	345	325	52	32	51	62	370	48
Resistència cisallament	MPa	150	170	195	230	5	5	0	5	145	5	0
Limit elàstic	MPa	70	205	310	125	43	10	41	42	275	34	-
Allargament	%	45	25	6	62	5	5	5	45	5	-	
Limit de fatiga	MPa	70	-	90	90	30	23	29	32	-	30	12
Duresa	HB	45	95	115	70	5	0	5	5	-	5	-
Mòdul d'elasticitat	GPa	115	110	105	105	105	105	105	105	105	105	122
Coefficient de Poisson		-	0,37	-	0,34	-	0,34	-	0,34	-	0,31	-
Propietats tecnològiques												
Cost	pta/kg	500-850	450	-	-	-	-	700	-	-	-	
Temperatura de fusió	°C	1083	915-955	905-930	900-905	875-890	890	890	860-880	-	850	
Conformació en fred	[1-5]	[5]	[4]	[4]	[2]	[3]	[3]	[1]	[3]	[4]	[4]	
Conformació en calent	[1-5]	[4-5]	[2]	[1]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[2]	[1]	
Maquinabilitat	[1-5]	[1]	[2]	[2]	[3]	[3]	[3]	[2]	[2]	[2]	[1]	
Soldabilitat	[1-5]	[2-3]	[2-3]	[2-3]	[2-3]	[2-3]	[2-3]	[2]	[2]	[2]	[1]	
Resistència corrosió	[1-5]	[4]	[4]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[4]	[3]	[4]	

Taula 13.3 Coure i aliatges de coure (continuació)

	Altres aliatges de forja			Lautons d'emmoillament		Bronzes d'emmoillament							
	Cu-Ni	plata alem.	Cu-Be	mec. fàcil	alta resistèn.	fosforès	al zenc	roig	al plom		a l'alumini		
ISO 1191	CuNi102Zn10Fe	CuNi102Zn27	CuBe1.7CoNi	CuZn33Pb2	CuZn25Al6Fe3Mn3	CuSn10P	CuSn10Zn2	CuSn5Zn5Pb5	CuSn10Pb10	CuSn5Zn20	CuAl10Pb3	CuAl10Fe3Ni5	
UNE 37.103	C-9215	C-9233	C-9415	C-2415	C-2625	C-3120	C-3320	C-3520	C-3320	C-3340	C-4210	C-4220	
Número DIN	2.0882	2.0742	-	-2.0290	-2.0598	-	-	-	-	-	-	-	
Número UNS	C 71700	C 77000	C 17000	-C 83700	C 86300	-C 90700	C 90500	C 83600	C 93700	C 94100	-C 95200	-C 95500	

Composició química		Coure		Zenc		Estany		Plom		Alumini		Niquel		Altres	
		%	68	54	97	65	63	88	86	84	79	73	86	78	
		%	-	27	-	33	25	11	2	5	<2	<2	-	-	
		%	-	-	-	-	-	10	5	10	5	-	-	-	
		%	-	-	-	2	-	-	<1,5	5	9,5	20	<0,02	<0,02	
		%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	
		%	30	18	0,4	-	-	-	-	-	-	<2,5	<3	5	
		%	Mn i Fe 0,7	-	Be 17, Co	-	-	Fe 3 Mn 2,8	P 0,8	Nb 2,0	-	-	Fe 3,5	Fe 4,5 Mn 3	

Propietats físiques		Densitat		Coeficient dilatació		Calor específic		Conductivitat tèrmica		Allargament de ruptura		Límit de fatiga		Resistivitat elèctrica		Conductivitat elèctrica	
		Mg/m ³	8.94	8.70	8.26	8.43	7.90	8.77	8.70	8.83	8.95	9.40	7.45	7.53			
		µm/m·K	16.2	16.7	16.7	21.0	22.0	18.0	20.0	18.0	18.5	18.5	16.2	16.2			
		J/kg·K	380	380	420	375	375	375	375	380	375	375	420	418			
		W/m·K	21	29	118	86	35	71	74	72	47	52	59	42			
		nΩ·m	375	314	75	85	85	178	155	114	170	171	133	203			
		%IACS	4.5	6.3	22	20	20	9.6	11	15	10.2	10	13	8.5			

Propietats mecàniques		Tractament		O		H4		H4		H8		TD4		TH4		Sorra		Sorra		Cent.					
		MPa	380	380	690	795	825	1340	170+200	725	820	305	380	270	300	200	250	240	260	150	180	520	380	620	760
		MPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		MPa	140	540	585	-	760	1240	80+110	400	460	150	205	130	140	100	110	125	150	60	80	180	210	275	310
		%	45	15	3	-	8	2	10+30	15	18	20	16	13	8	13	13	20	-	-	13	15	18	18	18
		MPa	-	-	-	-	270	310	45+65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	200	215	225	
		HB	90	150	90	100	102	350	50	180	225	80	102	75	75	60	60	60	60	50	50	115	145	160	175
		GPa	-	150	-	125	-	155	100	105	105	-	105	-	105	-	85	-	85	-	72	-	110	-	110+115
			-	-	-	-	0.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	-	0.32	-	0.32

Propietats tecnològiques		Cost		Temperatura de fusió		Conf. fred		Contracció		Conf. calent		Colabilitat		Soldabilitat		Maquinabilitat		Resistència a la corrosió								
		pta/kg	3000	-	3200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
		°C	1170+1340	-	1055	-	865+960	-	915+930	-	890+925	-	830+1000	-	860+880	-	855+1100	-	760+930	-	800+940	-	1025+1040	-	1600	1800
		[1-5]%	[3-4]	-	[4]	-	[3]	-	[3]	-	2.3	-	1.5+1.8	-	5.7	-	2.0	-	2.0	-	1.5	-	1.6	-	1040+1055	
		[1-5]	[3-4]	-	[2]	-	[3]	-	[3]	-	[2+3]	-	[4]	-	[5]	-	[5]	-	[5]	-	[3]	-	[1]	-	[1]	
		[1-5]	[4-5]	-	[3]	-	[3]	-	[3]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		[1-5]	[2]	-	[2]	-	[1]	-	[4]	-	[2]	-	[2]	-	[1]	-	[4]	-	[4]	-	[4]	-	[3]	-	[3]	
		[1-5]	[5]	-	-	-	[4]	-	[2]	-	[2]	-	[4]	-	[3-4]	-	[3]	-	[3]	-	[3]	-	[4-5]	-	[4-5]	

Taula 13.4 Zenc i aliatges del zenc

	Lamin.		Emmoillament			
	Zn0.08Pb	AG40A	AC41A	ZA-12	ZA-27	ZA-27
ASTM (B-86) (B-791)		Zamak 3	Zamak 5			

Composició química		Alumini		Magnesi		Coure		Plom	
		%	<0,001	4	4	11	27		
		%	-	0,035	0,055	0,025	0,015		
		%	<0,001	<0,25	1	1	2		
		%	0.10	<0,004	<0,004	<0,005	<0,005		

Propietats físiques		Densitat		Coeficient dilatació		Calor específic		Conductivitat tèrmica		Allargament de ruptura		Límit de fatiga		Resistivitat elèctrica	
		Mg/m ³	7.14	6.60	6.70	6.03	5.00								
		µm/m·K	32.5/23	27.4	27.4	24.1	26.0								
		J/g·K	395	419	419	450	525								
		W/m·K	108	113	109	116	125								
		nΩ·m	62	64	65	61	58								

Propietats mecàniques		Tipus emmoillament		Resist. tracció 20°C		Resist. tracció 95°C		Resistència compressió		Resistència a la tracció 0.2%		Límit elàstic compr. 0.1%		Allargament de ruptura		Duresa		Resist. fatiga		Resiliència		Mòdul d'elasticitat		Mòdul de rigidesa		Coeficient de Poisson	
		(1)	Inj	Inj	S	Inj	S	Inj	S	Inj	S	Inj	S	Inj	S	Inj	S	Inj	S	Inj	S	Inj	S	Inj	S	Inj	S
		MPa	134/159	280	325	299	405	230	426	-	195	240	-	229	-	259	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		MPa	-	415	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		MPa	-	215	260	253	296	292	325	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		MPa	-	-	-	-	320	-	371	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		MPa	-	-	-	-	320	-	371	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		%	65/50	10	7	1.5	5	4.5	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		HB	42	82	91	94	100	90	119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		MPa	17	48	36	103	117	172	117	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		J	-	58	65	26	39	48	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		MPa	-	21	-	69	69	76	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		GPa	-	-	-	82.7	82.7	77.9	77.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Propietats tecnològiques		Cost		Temperatura de fusió		Contracció	
		pta/kg	-	-	-	-	-
		°C	419	385	385	432	484
		%	-	1.17	1.17	1.30	1.30

(1) Propietat longitudinal/propietat transversal; (2) Fluència 1%, durant 10³ hores, a 20 °C

Taula 13.5 Magnesi i aliatges del magnesi

	Forja			Emmoillament	
	MgAl3Zn L-6110	MgAl2Zn L-6130	MgZn2Zr L-6221	MgAl2Zn	MgAl2Zn1
UNE 36 037-80					
ASTM	AZ31	AZ80	ZK60	AZ63	AZ91
Número DIN	3.5312	3.5812	3.5161	3.5632	3.5912

Composició química		Alumini		Zenc		Magnesi		Zirconium	
		%	3	8	6	6	9		
		%	1	0.50	-	3	0.70		
		%	>0.2	>0.12	-	>0.30	>0.13		
		%	-	-	>0.45	-	-		

Propietats físiques		Densitat		Coeficient dilatació		Calor específic		Conductivitat tèrmica		Resistivitat elèctrica	
		Mg/m ³	1.77	1.80	1.83	1.83	1.81				
		µm/m·K	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0				
		J/g·K	1050	1050	1050	1050	1050				
		W/m·K	96	76	120	77	72				
		nΩ·m	92	145	-	115+130	150+170				

Propietats mecàniques		Tractament		Resist. tracció 20°C		Resist. tracció 200°C		Límit elàstic 20°C		Límit elàstic 200°C		Allargament de ruptura		Duresa		Resist. fatiga		Resiliència		Mòdul d'elasticitat		Mòdul de rigidesa		Coeficient de Poisson	
		(1)	H34	T5	T5	F	T6																		

Taula 13.6 Titani i aliatges del titani

	Pur	Aliat α	Aliat α+	Aliat
UNE 38.700-81	Ti99.2 L-7003	TiAl3Sn2 L-7101	TiAl6V6 L-7301	TiAl6V6Sn2 L-7303
ASTM (UNS)	Grau 3	R54520	R56400	R56620
Número DIN	3.7055	3.7115	3.7165	3.7175

Composició química						
Alumini	Al	%	-	5	6	5,5
Estany	Sn	%	-	2,5	-	2
Vanadi	V	%	-	-	4	5,5
Crom	Cr	%	-	-	-	11
Altres		%	Fe<0.25	-	-	Fe, Cu
Propietats físiques						
Densitat	Mg/m ³		4,50	4,48	4,43	4,54
Coefficient dilatació	µm/m·K		9,1	9,4	9,3	9,4
Calor específic	J/g·K		520	-	560	-
Conductivitat tèrmica	W/m·K		16,0	7,6	7,1	6,5
Resistivitat elèctrica	nΩ·m		52	157	171	157
Propietats mecàniques						
Tractament			recuit	recuit	rec. env.	rec. env.
Resistència tracció	MPa		490-590	789-860	900/1070	1000/1200
Límit elàstic	MPa		340	780	830/1000	930/1000
Allargament de ruptura	%		18/16 ⁽¹⁾	16	10/8	8/6
Dureesa	HB		170	360	360/420	380/420
Resiliència	J		34/27 ⁽²⁾	13-20	17-	17-
Res. fluència ⁽³⁾ 325°C	MPa		-	-	480	-
Res. fluència ⁽³⁾ 425°C	MPa		-	-	220	-
Mòdul d'elasticitat	GPa		105	110	114	110
Mòdul de rigidesa	GPa		39	-	42	-
Coefficient de Poisson	-		0.34	-	0.34	-
Propietats tecnològiques						
Cost	pta/kg		3800	-	8300	-
Temperatura de forja	°C		700-900	900-1100	900-980	840-920
Radi de plegament	-		2,5 g	4,5 g	5 g	-

⁽¹⁾ Longitudinal/transversal; ⁽²⁾ Fluència 1% durant 1000 hores

Taula 13.7 Niquel, aliatges del Ni i superaliatges

Aliatge	Niquel i aliatges de níquel			Superaliatges		sobre la base del Ni						base Co
	200	400	K-500	800	903	600	X-750	X	718	115	MA 754	
Nom comercial	Níquel	Monel	Monel	Incoloy	Incoloy	Inconel	Inconel	Hastelloy	Inconel	Nimonic		HA 188
Número DIN	2.4066	2.4360	2.4876	1.4876		2.4816	2.4669	2.4665	2.4668			Haynes

Composició química												
Níquel	Ni	%	99,0	66	64	32,5	38	76	73	47	52,5	57,5
Ferro	Fe	%	0,40	2,50	2,00	39,5	41,5	8	7	18,5	18,5	-
Cobalt	Co	%	-	-	-	15	-	-	-	1,5	-	15
Crom	Cr	%	-	-	-	21	-	15,5	15,5	22	19	15
Coure	Cu	%	0,25	31	28	-	-	-	-	-	-	-
Molibde	Mo	%	-	-	-	-	-	-	-	9	3	3,5
Alumini	Al	%	-	-	2,70	0,40	1,40	-	0,70	-	0,50	5
Titani	Ti	%	-	-	0,70	0,40	0,90	-	2,50	-	0,90	4
Altres		%	Mn	Mn 1,00	Mn 1,50	-	Nb 3, Si	-	Nb 1,00	W 0,60	Nb 5,10	B, Zr
Propietats físiques												
Densitat	Mg/m ³		8,89	8,80	8,44	7,94	8,14	8,41	8,25	8,21	8,22	7,85
Dilatació tèrmica ⁽¹⁾	µm/m·K		13,3	13,9	13,7	14,4/-	8,6/-	15,1/16,4	14,6/16,8	15,1/16,1	14,4/-	13,3/16,4
Calor específic ⁽²⁾	J/kg·K		456	427	419	460/-	435/-	445/625	430/725	485/700	460/645	460/-
Conductivitat tèrmica ⁽³⁾	W/m·K		70	21,8	17,5	11,5/-	16,8/-	14,8/28,8	12,0/23,6	9,1/26,0	11,4/24,9	10,7/22,6
Resistivitat elèctrica	nΩ·m		95	545	615	990	610	1030	1390	1180	1250	1390
Propietats mecàniques												
Res. tracció 20/650°C	MPa		460/-	550/-	1100/-	595/405	1310/1000	660/450	1200/940	785/570	1435/1228	1240/1125
760/870°C	MPa		-	-	-	235/-	-	260/140	-	435/255	950/340	1085/830
980°C	MPa		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Límit elàstic 20/650°C	MPa		148/-	240/-	780/-	250/180	1105/895	285/205	815/710	360/275	1185/1020	865/815
760/870°C	MPa		-	-	-	180/-	-	180/40	-	260/180	740/330	800/550
980°C	MPa		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
All. ruptura 20/650°C	%		47/-	40/-	20/-	54/51	14/18	45/49	27/10	43/37	21/19	27/23
760/870°C	%		-	-	-	83/-	-	70/80	-	37/50	25/88	24/16
980°C	%		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R. fluència ⁽⁴⁾ 650/760°C	MPa		-	-	-	165/66	510/-	(-)/(-)	470(-)	215/100	595/195	(-)/420
870/980°C	MPa		-	-	-	30/13	-	30/15	45/-	41/14	-	185/70
1090°C	MPa		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mòdul elastic. 20/870°C	GPa		204/-	180/-	180/-	196/138	147/-	214/157	214/153	197/137	200/139	224/164
Dureesa 20°C	HB		140-230	160-225	255-370	180-300	-	180-300	-	390	-	-
Propietats tecnològiques												
Cost	pta/leg		-	-	-	-	-	5500	-	-	-	-
Temperatura fusió	°C		1345-1445	1300-1350	1315-1350	1355-1385	1315-1390	1355-1415	1395-1425	1260-1355	1260-1335	-

⁽¹⁾ A 540°C/a 970°C; ⁽²⁾ A 21°C/a 870°C; ⁽³⁾ A 20°C; ⁽⁴⁾ Ruptura a fluència en 1000 hores

10 BIBLIOGRAFIA

-Shigley, J.E. "Diseño en ingeniería mecànica". Sección 2-4: Esfuerzos uniformemente distribuidos (pag. 35), 2-10: Esfuerzos normales por flexion (pag. 45) 2-14: Torsion (pag. 58)

-Carles Riba i Romeva "Disseny de màquines IV: Selecció de materials".

-Wikipedia <http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>