1 Toleràncies i ajustos

1.1 Toleràncies

La ***tolerància*** *és una quantitat (amb unitats) que indica l'interval de dimensions entre les quals s'ha de fabricar una peça.*

Per exemple

$$10^{+0{,}035}_{-0{,}040}$$

On

- 10 representa la *cota nominal o de referència, (C)* (en mm)
- $+0,035$ s'anomena *desviació superior de la cota nominal, (ds)* (en mm). Aquest valor pot ser positiu, negatiu o zero.
- $-0,040$ s'anomena *desviació inferior de la cota nominal,(di)* (en mm). Aquest valor pot ser positiu, negatiu o zero.

en qualsevol cas sempre serà $ds > di$.

A partir d'aquests, es defineixen

- Cota màxima (C_M),

$$C_M = C + ds = 10 + 0,035 = 10,035\,mm$$

- Cota mínima (C_m),

$$C_m = C + di = 10 - 0,040 = 9,96\,mm$$

- Valor de la tolerància

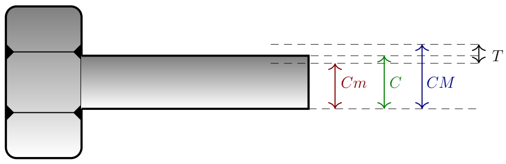
$$T = C_M - C_m = ds - di = 10,035 - 9,96 = 0,035 - (-0,040) = 0,075\,mm$$

sovint el resultat l'escriurem com $75\,\mu m$.

Exemple 1.1.1

Calculeu les cotes màxima, mínima i la tolerància de l'eix d'una peça com la de la figura si sabem que té dimensions

$$10^{+0{,}026}_{-0{,}073}$$



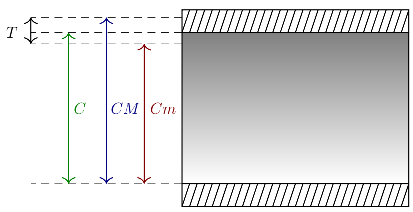
- Cota màxima, $C_M = C + ds' = 10 + 0,026 = 10,026\, mm$
- Cota mínima, $C_m = C + di' = 10 + (-0,073) = 9,927\, mm$
- Tolerància,

$$\begin{aligned} T &= C_M - C_m \\ &= 10,026 - 9,927 \\ &= ds' - di' \\ &= 0,026 - (-0,073) \\ &= 0,099\, mm \end{aligned}$$

Exemple 1.1.2

Calculeu les cotes màxima, mínima i la tolerància de la peça de la figura (ara es tracta d'un forat), si sabem que té dimensions

$$10^{+0{,}100}_{-0{,}120}$$



- Cota màxima, $C_M = C + ds = 10 + 0,100 = 10,100\, mm$
- Cota mínima, $C_m = C + di = 10 + (-0,120) = 9,880\, mm$

- Tolerància,

$$
\begin{aligned}
T &= C_M - C_m \\
&= 10,100 - 9,880 \\
&= ds - di \\
&= 0,100 - (-120) \\
&= 0,220\,mm
\end{aligned}
$$

Noteu el detall que les desviacions es marquen amb una prima ds', di' quan es parla d'eixos i sense quan es parla de forats ds, di.

1.2 Ajustos

Un ajust defineix el tipus d'unió que existeix entre dues peces acoblades, típicament un eix i un forat. Les diferents aplicacions definiran si és precís que l'acoblament sigui rígid (*serratge*), o si per una altra banda, és necessari que hi hagi un cert *joc* o moviment relatiu entre les peces. A vegades no s'imposa cap restricció especial sobre les característiques de l'acoblament, llavors parlem d'ajust *indeterminat*.

1.2.1 Tolerància de l'ajust

Donat un ajust (sistema *eix-forat*) de qualsevol dels tipus que veurem a continuació, definim la seva tolerància com a

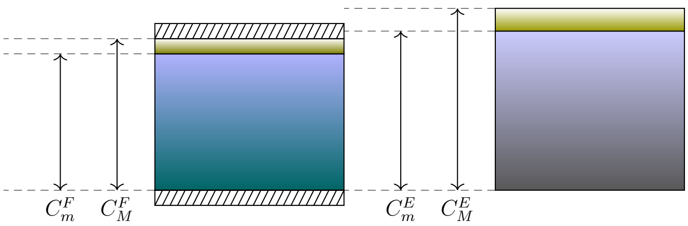
$$T_a = T_E + T_F$$

on T_E i T_F són les toleràncies individuals de l'eix i el forat respectivament.

1.2.2 Ajust amb serratge

En aquest cas volem que les peces quedin unides sense moviment relatiu. Probablement caldrà dilatar el forat mitjançant calor o aplicar una pressió molt gran. Donat que en el sistema eix-forat a acoblar, el valor del diàmetre de cadascun dels elements és variable degut a la tolerància, per tal de garantir que hi hagi serratge cal demanar que, en el cas més desfavorable en el que l'eix sigui petit i el forat gran, es compleixi

$$C_M^{Forat} < C_m^{Eix} \tag{1}$$



Una vegada garantit que l'acoblament serà amb serratge, es pot parlar de serratge màxim i mínim, aquests són els valors extrems de l'ajust. El serratge màxim val

$$S_M = C_M^E - C_m^F$$

i el mínim

$$S_m = C_m^E - C_M^F$$

noteu que les dues quantitats són sempre positives, suposant que estem en les condicions de serratge.

Exemple 1.2.2.1

Considereu el sistema eix-forat donat per

$$80^{+0{,}093}_{+0{,}071}/80^{+0{,}035}_{-0{,}000}$$

on totes les quantitats es donen en mil·límetres. Determineu el tipus d'ajust, la seva tolerància i els valors dels jocs/serratges màxims/mínims si s'escau.

♠ El valor més gran del forat és

$$C_M^{Forat} = 80 + (+0,035) = 80,035\, mm$$

mentre que el valor més petit de l'eix és

$$C_m^{Eix} = 80 + (+0,071) = 80,071\, mm$$

de forma que l'ajust és amb serratge. El serratge màxim valdrà

$$S_M = (80 + 0,093) - (80 - 0,000) = 0,093\, mm$$

i el serratge mínim

$$S_m = (80 + 0,071) - (80 + 0,035) = 0,036\, mm$$

i finalment, la tolerància de l'ajust

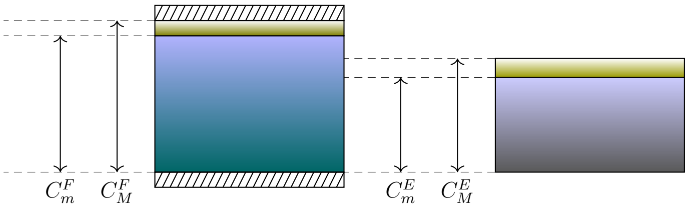
$$T_a = [0,093 - (+0,071)] + [(0,035 - (-0,000)] = 0,022 + 0,035 = 0,057\, mm$$

Noteu l'assignació totalment arbitrària del signe quan una desviació val zero.

1.2.3 Ajust amb joc

En aquest cas volem garantir un cert espai entre les peces a acoblar. Ara, el cas més desfavorable és que el diàmetre de l'eix sigui gran i el del forat petit, i en aquestes condicions, només tenim garantit el joc entre les parts de l'acoblament quan

$$C_M^{Eix} < C_m^{Forat} \tag{2}$$



Una vegada garantit que l'acoblament serà amb joc, es pot parlar de joc màxim i mínim, aquests són els valors extrems de l'ajust. El joc màxim val

$$J_M = C_M^F - C_m^E$$

i el mínim

$$J_m = C_m^F - C_M^E$$

noteu que les dues quantitats són sempre positives, suposant que estem en les condicions que hi ha joc.

Exemple 1.2.3.1

Considereu el sistema eix-forat donat per

$$50^{-0{,}010}_{-0{,}029} / 50^{+0{,}046}_{-0{,}000}\; mm$$

determineu el tipus d'ajust, la seva tolerància i els valors dels jocs/serratges màxims/mínims si s'escau.

♠ El valor més gran de l'eix és

$$C_M^{Eix} = 50 + (-0,010) = 49,990\, mm$$

mentre que el valor més petit del forat és

$$C_m^{Forat} = 50 - (-0,000) = 50,000\,mm$$

de forma que l'ajust és amb joc. El joc màxim valdrà

$$J_M = +0,046 - (-0,029) = 0,075\,mm$$

i el joc mínim

$$J_m = -0,000 - (-0,010) = 0,010\,mm$$

i finalment, la tolerància de l'ajust

$$T_a = [(-0,010)-(-0,029)]+[(0,046)-(-0,000)] = 0,019+0,046 = 0,065\,mm$$

1.2.4 Ajust indeterminat

Quan, des del punt de vista tecnològic no hi cap raó per exigir serratge o joc en un acoblament, llavors no es compleix cap de les condicions anteriors (1), (2). En aquests casos diem que l'ajust és *indeterminat*.

Exemple 1.2.4.1

Considereu el sistema eix-forat donat per

$$100^{+0,026}_{+0,003}/100^{+0,036}_{-0,000}\,mm$$

determineu el tipus d'ajust, la seva tolerància i els valors dels jocs/serratges màxims/mínims si s'escau.

♠ Ara la situació no està definida com en els exemples anteriors, la cota màxima de l'eix no és més petita que la mínima del forat (cas amb joc), ni la mínima de l'eix és més gran que la màxima del forat (cas amb serratge), llavors ens trobem al cas indeterminat. En aquest cas només té sentit parlar de joc i serratge màxims

$$J_M = +0,036 - (+0,003) = 0,033\,mm$$

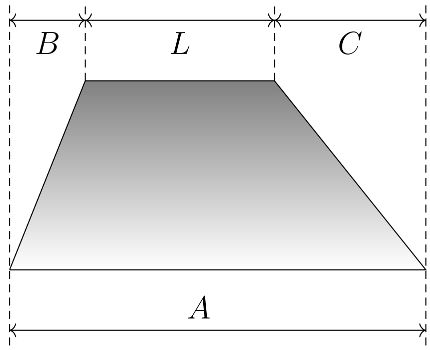
$$S_M = +0,026 - (+0,000) = 0,026\,mm$$

1.3 Operacions amb toleràncies

Sovint haurem de calcular una magnitud a partir de dades geomètriques que tenen una tolerància associada. En aquests casos haurem de determinar la tolerància de la magnitud mesurada. Podem procedir com en el següent exemple.

Exemple 1.3.1 Determineu el valor de la cota L i la seva tolerància a partir de les dades següents:

- $A = 30\,mm$
- $B = 5\,mm$
- $C = 10\,mm$
- Tolerància general (per totes les mesures) $= {}^{+0{,}200}_{-0{,}010}$



Comencem considerant com s'obté L a partir de les altres mesures

$$L = A - (B + C) = 30 - (5 + 10) = 15\,mm$$

aquesta serà la *cota nominal* de L. A continuació, tenint en compte la tolerància de les cotes, pensem quan tindrà L el valor més petit possible. Això serà quan A sigui el més petit possible i al mateix temps, B i C siguin el més grans possible, així

$$\begin{aligned} L_{min} &= (A - 0,010) - [(B + 0,200) + (C + 0,200)] \\ &= (30 - 0,010) - [(5 + 0,200) + (10 + 0,200)] \\ &= 30 - (5 + 10) - 0,010 - 0,200 - 0,200 = (15 - 0,410)\,mm \end{aligned}$$

Ara trobem el valor més gran possible per L. Això passa quan A prengui el valor més gran i B i C el més petit simultàniament, llavors

$$\begin{aligned} L_{Max} &= (A + 0,200) - [(B - 0,010) + (C - 0,010)] \\ &= (30 + 0,200) - [(5 - 0,010) + (10 - 0,010)] \\ &= 30 - (5 + 10) + 0,200 + 0,010 + 0,010 = (15 + 0,220)\,mm \end{aligned}$$

Finalment, la tolerància de la cota L,

$$T_L = 0,220 - (-0,410) = 0,630\,mm$$