

LA DIMENSIONE E IL FATTORE TEMPERATURA

Il software di calcolo Calc.ing, tenendo in considerazione il fattore temperatura (della macchina, dello strumento di misura e del pezzo), fornisce un valido supporto al progettista per determinare la misura reale di un pezzo a disegno

di Carlo Confalonieri

Qualsiasi materiale sotto l'azione del calore aumenta il proprio volume. Il metro campione conservato a Parigi, per mantenere la misura esatta, è tenuto alla temperatura di 20 °C. Se ne deduce quindi che un pezzo assume dimensioni diverse in funzione della sua temperatura. Il suo allungamento, o il suo ritiro, è dato infatti dalla relazione:

$$A = Li \cdot K \cdot (Tf - Ti)$$

con

A = allungamento [mm]
 Li = lunghezza iniziale [mm]
 K = coefficiente di allungamento [°C⁻¹]
 Ti = temperatura iniziale [°C]
 Tf = temperatura finale [°C]

Per l'acciaio K assume il valore 0,000012 [°C⁻¹], mentre per l'alluminio assume il valore 0,000024 [°C⁻¹].

Il disegno redatto dal progettista richiede una specifica e ben definita dimensione, ma a quale temperatura si riferisce?

Ipotizzando che le quote indicate sul disegno si riferiscano alla temperatura di 20 °C, occorre considerare che la temperatura dei particolari di macchine in costruzione raramente è di 20 °C; infatti tra l'estate e l'inverno vi sono escursioni termiche anche di 40 °C. Inoltre capita frequentemente che pezzi lavorati in paesi freddi vengano utilizzati in paesi caldi e viceversa, e che spesso i pezzi di grandi dimensioni, prima di essere lavorati, vengano immagazzinati in aree all'aperto dove la temperatura varia a seconda dell'esposizione.

Nella stagione invernale i pezzi vengono portati all'interno dell'officina dove la

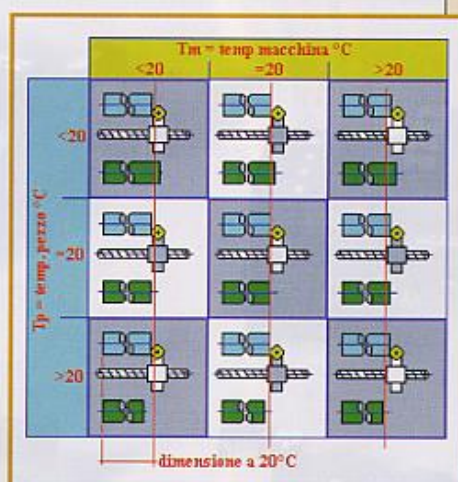
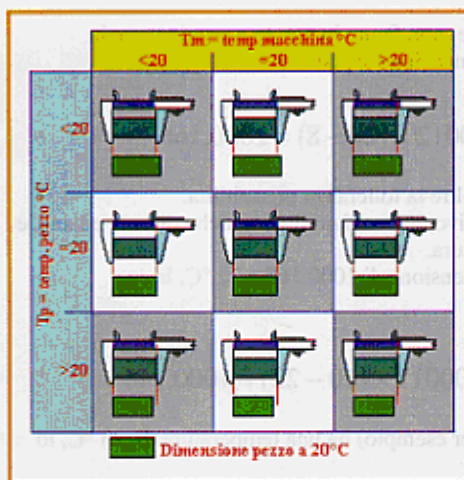


Figura 1 Lo schema illustra le diverse combinazioni di misurazioni con temperature diverse della macchina e del pezzo.

Misura finale, misura rilevata	
Tr = temp. di riferimento [°C]	20,0000
ATr = lungh. pezzo a Tr [mm]	1000,24
Tp = temp. pezzo [°C]	10
Gp = Allung/Riduz del pezzo	0,0000
ATp = lungh. pezzo a Tp [mm]	0,0000
BTm = lungh. barra a Tm [°C]	0,0000
Tm = temp. barra [°C]	30
Gm = Allung/Riduz della barra	0,0000
Dimensione visualizzata della macchina	
BTr = lungh. barra a Tr [mm]	0,0000

Figura 2 Esempio di calcolo della lunghezza del pezzo alla temperatura di 20 °C alla dimensione visualizzata (impostata dalla macchina).

Figura 3
Lo schema
illustra le
diverse combi-
nazioni di
misurazioni
con tempera-
ture diverse
dello
strumento e del
pezzo.



temperatura è più elevata, mentre durante l'estate l'officina è, al contrario, più fresca. Nel caso di pezzi di piccole dimensioni, tali variazioni sono poco significative poiché rientrano nelle tolleranze di lavorazione, ma se i pezzi sono grandi e le tolleranze di precisione particolarmente strette, il fenomeno della variazione non deve essere trascurato. Questo vale soprattutto in presenza di accoppiamenti di pezzi realizzati in materiali diversi. Per determinare la dimensione reale occorre tenere in considerazione la temperatura del pezzo sia in fase di lavorazione sia in fase di controllo nonché la temperatura della macchina durante il ciclo di lavorazione.

DETERMINAZIONE DELLA DIMENSIONE REALE

Per un esempio pratico, occorre innanzitutto ipotizzare una temperatura di riferimento, ovvero il valore che darà la dimensione reale richiesta dal disegno.

Si supponga che tale valore sia uguale a 20 °C, che la temperatura del pezzo che deve essere lavorato sia di 8 °C e che la macchina utensile sia già in funzione da qualche ora, all'interno dell'officina.

Con la temperatura della barra di trascinamento di 22 °C, si deve ottenere una dimensione di 1000 mm con una tolleranza di lavorazione di (0 + 5,6 μm). La barra di trascinamento ha quindi una lunghezza maggiore rispetto alla sua lunghezza rapportata alla temperatura di riferimento, ma il visualizzatore di quota (funzionante sui giri della barra di trascinamento), indicherà la lunghezza reale della barra, cioè quella riferita a 20 °C (il tutto supponendo che questa sia stata costruita in condizioni di temperatura ideale; in caso contrario sarebbe infatti impossibile determinare la dimensione reale).

Si supponga ora di eseguire il pezzo con l'indicazione data dal visualizzatore (1000 mm); si otterrà un pezzo con la seguente dimensione:

$$L = 1000 + 1000 \times 0,000012 \times (22 - 20) = 1000,024$$

più lungo del dovuto in quanto la barra di trascinamento ha una temperatura maggiore. Quando la sua temperatura raggiungerà i 20 °C (non è raro il caso di pezzi di massa

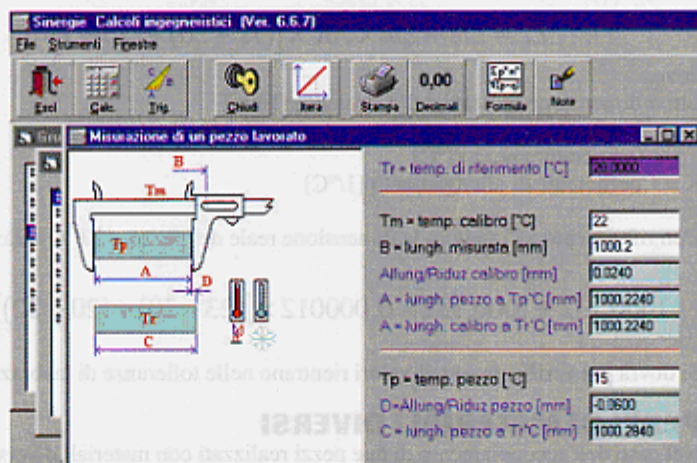


Figura 4
Dalla dimen-
sione misurata
alla dimen-
sione reale del
pezzo alla
temperatura di
20 °C.

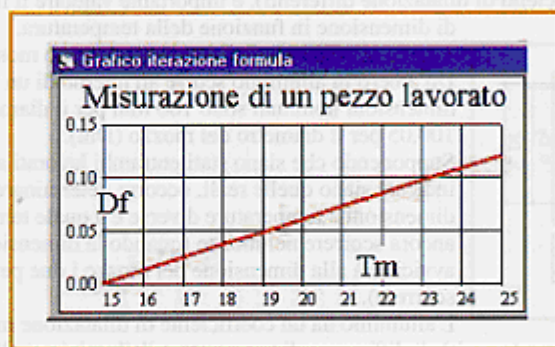
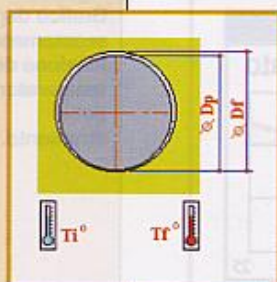


Figura 5
Grafico degli
scostamenti in
funzione della
temperatura
dello
strumento.

Figura 6
Accoppiamento di due pezzi realizzati in materiali diversi (un albero in alluminio scorre all'interno di un mozzo in ferro).



notevole che, durante la fase di lavorazione, non fanno in tempo a raggiungere la temperatura ambiente), il pezzo avrà la dimensione seguente:

$$1000,024 + 1,024 \times 0,000012 \times (20 - 8) = 1000,168$$

Come si può notare, la dimensione è ben oltre la tolleranza prestabilita. Il collaudo verrà fatto in un tempo successivo, in condizioni climatiche diverse ed anche con strumenti di misura a diversa temperatura.

Supponendo di avere il pezzo con una dimensione di 1000,168 a 22 °C, la sua dimensione reale (a 20 °C) sarà:

$$1000,168 - 1000,168 \times 0,000012 \times (20 - 22) = 1000,144$$

e se lo strumento di misura (un calibro, per esempio) ha una temperatura di 23 °C, lo strumento riporterà una dimensione di:

$$1000,144 - 1000,144 \times 0,000012 \times (20 - 23) = 1000,132$$

Naturalmente chi eseguirà il collaudo non conoscerà la dimensione reale ma, dalla conoscenza della dimensione visualizzata dallo strumento e dalla conoscenza delle temperature, ricaverà la reale dimensione del pezzo a 20 °C utilizzando la seguente formula:

$$L_r = L_m + L_m \times AK \times [(T_s - 20) + (20 - T_p)]$$

dove:

L_m = dimensione indicata dallo strumento [mm]

T_s = Temperatura strumento [°C]

T_p = Temperatura pezzo [°C]

K = Coefficiente di allungamento [1/°C]

Con riferimento all'esempio la dimensione reale del pezzo a 20 °C sarà:

$$1000,132 + 1000,132 \times 0,000012 \times [(23 - 20) + (20 - 22)] = 1000,144$$

Si dovrà poi verificare se tali valori rientrano nelle tolleranze di lavorazione.

PEZZI DI MATERIALI DIVERSI

Nel caso dell'accoppiamento di due pezzi realizzati con materiali diversi (quindi con coefficienti di dilatazione differenti), è importante valutare il fenomeno della variazione di dimensione in funzione della temperatura.

Si prenda come esempio l'accoppiamento mostrato nella figura 6.

Un albero in alluminio scorre all'interno di un mozzo in ferro. Le dimensioni nominali sono 100 mm per il diametro dell'albero (D_a) e 100,05 per il diametro del mozzo (D_m).

Supponendo che siano stati entrambi lavorati a 20 °C e che le dimensioni indicate siano quelle reali, occorre determinare quali saranno le dimensioni a temperature diverse e a quale temperatura l'albero potrà ancora scorrere nel mozzo (quando la dimensione dell'albero si avvicinerà alla dimensione del mozzo i due pezzi non potranno più scorrere).

L'alluminio ha un coefficiente di dilatazione maggiore rispetto a quello del ferro (a parità di differenza di temperatura l'alluminio si allunga maggiormente); pertanto a 30 °C si avranno le dimensioni seguenti:

$$100 + 100 \times 0,000024 \times (30 - 20) = 100,024$$

per l'albero, e

$$100,05 + 100,05 \times 0,000012 \times (30 - 20) = 100,062$$

per il mozzo.

I due pezzi arriveranno alla medesima dimensione quando avranno una temperatura di:

$$\frac{100 - 100,05}{100,005 \times 0,000012 - 100 \times 0,000024} + 20 = 61,68^{\circ}\text{C}$$

secondo la seguente formula:

$$\frac{Da - Dm}{Dm \times Km - Da \times Ka} + 20 = T$$

IL SUPPORTO DEL SOFTWARE

Un valido supporto per eseguire questo tipo di calcolo è offerto dal software Calc.ing[®], sviluppato da Sinergie.

Il software offre al progettista la possibilità di inserire formule e di ampliarle, personalizzarle e duplicarle facilitando così futuri utilizzi. È anche possibile associare alle formule disegni (per esempio scrivere su un bloc-notes) e classificarle per argomenti o per tipologia. L'utente può visualizzare e stampare sia le formule, sia i calcoli e le figure associate (immagini in formato BMP o disegni in formato DXF).

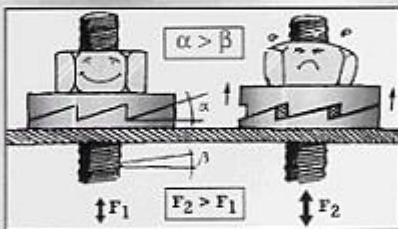
Il software dispone di oltre 1500 algoritmi di calcolo nei vari settori tecnici (meccanica, resistenza dei materiali, aeraulica, tempi di lavorazione, geometria, ecc.) per fornire al progettista quante più informazioni possibili e, allo stesso tempo, permettere la creazione di grafici iterando su qualsiasi valore della formula.

La distribuzione e l'interscambio di informazioni permette di raggiungere una standardizzazione e una continuità di lavoro sia tra diversi progettisti nell'ambito dello stesso ufficio, sia per il singolo che si trova frequentemente a dover proporre diverse soluzioni al medesimo problema.

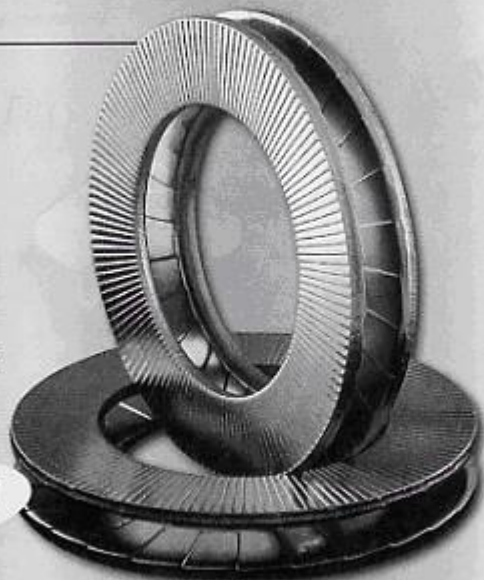
La soluzione definitiva

per problemi di svitatura dovuti alle vibrazioni

NORD-LOCK[®]



Rondelle Nord-Lock
autobloccanti
per giunzioni bullonate.



new

UBK[®]
S.p.A.

Via XXV Aprile, 19 - 20097 San Donato Milanese (MI) - Tel. 02 515051 - Fax 02 510660 - 02 55700633
Internet: <http://www.ubkunbrako.com> - E-mail: ubkspa@galactica.it