

## L'IRRAGGIAMENTO, QUESTO SCONOSCIUTO

di Richard Duncan

Estratto per Probing da: R. Duncan, *Requirements for Precision Dimensional Measurement*, The Australian Metrologist, n°31:18-22, ottobre 2003, autorizzato dall'autore e dall'editore.

Traduzione di G. Costelli, A. Balsamo

Quest'articolo, inizialmente scritto per dare agli utilizzatori di macchine di misura a coordinate (CMM) un'idea dei fattori che influenzano l'accuratezza dell'apparecchiatura durante l'uso, si applica anche ad altri metodi di misurazione, e vuole evidenziare il problema, probabilmente il meno conosciuto, della trasmissione di calore per *irraggiamento*, allo strumento ed al pezzo da misurare.

Saranno discussi i seguenti principali fattori termici d'influenza nelle misurazioni dimensionali:

- 1) corretta misurazione della temperatura e buone condizioni ambientali
- 2) controllo della temperatura ambientale
- 3) stabilizzazione della temperatura del pezzo

### **CORRETTA MISURAZIONE DELLA TEMPERATURA E BUONE CONDIZIONI AMBIENTALI**

Per misurare la temperatura utile per le misurazioni dimensionali di precisione, non basta semplicemente piazzare un termometro, o un'altra apparecchiatura con analoghe funzioni, nei pressi del pezzo da misurare, e registrarne i valori forniti; bisogna anche comprendere come si trasmette il calore tra ambiente, pezzo in misura e strumento.

Questo avviene con tre modalità: conduzione, convezione, irraggiamento; quest'ultimo è spesso trascurato, ma è molto improbabile che la semplice misura della temperatura dell'aria in prossimità dell'apparecchiatura indichi proprio quella temperatura dei componenti del Sistema di misura che veramente influenza i risultati.

Potrebbe infatti verificarsi l'incidenza d'energia radiante con apporto di calore sia sull'apparecchiatura per misurazione, sia sul pezzo in misura; come pure le parti interne dell'apparecchiatura potrebbero produrre calore, trasferito poi per conduzione agli altri elementi.

La trasmissione del calore non è un fenomeno a senso unico; l'apparecchiatura ed il pezzo trasmettono calore non solo l'una all'altro, ma anche all'ambiente circostante.

L'intensità con cui ciò si verifica per irraggiamento dipende dall'*emissività* di ciascuno di loro. Il lettore ricorderà dagli studi scolastici di fisica che una tazza annerita si scalda o si raffredda in minor tempo di un'altra chiara e lucida; la misura di questa proprietà è chiamata emissività.

Essa s'indica con la lettera  $\epsilon$ , ed è definita come il rapporto tra la capacità d'emissione di un corpo e quella di un corpo nero ideale posto alla stessa temperatura.

Nella tabella 1 sono indicati alcuni valori d'emissività di alcuni materiali comuni, posti alla stessa temperatura.

Materiale	$\epsilon$
Alluminio commerciale in lamiera	0,09
Acciaio inox 301 in lamiera	0,54 – 0,63
Acciaio, con finitura grigio scuro	0,31
Acciaio in getti, appena tornito	0,44
Acciaio dolce	0,2 – 0,02
Laterizio rosso, rugoso	0,93
Vetro	0,94
Tegola di cemento	0,63
Vernice – lacca, nera o bianca	0,80 – 0,95

Tabella 1

E' importante capire che il trasferimento di calore non è un processo unidirezionale: un corpo riceve calore da sorgenti esterne, e contemporaneamente lo cede all'ambiente.

Così, il pavimento sarà probabilmente sempre più freddo del resto di una stanza, e un piano di riscontro o il bancale di una CMM, possono essere influenzati negativamente dalle dispersioni di calore verso il suolo, con la conseguenza di deformazioni indesiderate. Semplici schermi contro l'irraggiamento, come una lastra inserita nel basamento di un piano di riscontro, oppure una stuoia o qualche altro materiale isolante posti sotto la tavola di una CMM, possono ridurre sensibilmente la trasmissione di calore.

Le misurazioni di temperatura eseguite con termometri privi di schermi di protezione sono altri esempi del ruolo che gioca l'energia radiante. Infatti, quando esista una componente radiante non appositamente schermata, si possono verificare errori di misura della temperatura anche molto grandi [*fino ad alcuni gradi, in un esempio riportato qui dall'autore, N.d.T.*].

Le azioni da intraprendere per contrastare gli effetti dell'energia radiante sono spesso molto semplici: ho visto in un laboratorio metrologico nazionale usare scatole di cartone per proteggere le apparecchiature dalle radiazioni; una pellicola d'alluminio va altrettanto bene; si può approntare uno schermo contro il calore attorno ad una CMM o ad altra apparecchiatura per misurazione semplicemente con tramezzi in masonite retti da una

struttura in legno; si può proteggere il bulbo di un termometro a mercurio in vetro, con un pezzetto di pellicola d'alluminio.

Il nostro corpo non riesce a percepire le radiazioni termiche con basso livello energetico, mentre riesce facilmente a sentire l'effetto della più elevata energia termica proveniente dal sole; così, normalmente non percepiamo l'irraggiamento proveniente da una macchina utensile, ma questa è una sorgente d'energia termica che interviene nell'equilibrio termico globale del pezzo in misura e dello strumento.

Se, ad esempio, una CMM fosse situata vicino ad una parete fredda, e avesse dal lato opposto una macchina utensile da 20 kW, sarebbe come tenerla vicino ad un muro di ghiaccio da una parte, e ad una serie di stufe elettriche impilate dall'altra: l'effetto sulla CMM varierebbe all'avvicinarsi o all'allontanarsi della struttura a portale dalle due sorgenti termiche.

La temperatura dell'aria misurata in prossimità di una CMM può risultare entro limiti ben accettabili, ma le temperature reali della macchina e del pezzo da misurare potrebbero essere ben differenti.

#### CONTROLLO DELLA TEMPERATURA AMBIENTALE

Le misurazioni d'alta precisione richiedono condizioni di temperatura stabili. La temperatura effettiva di misurazione è meno importante della sua stabilità, o della sua velocità di variazione. Un cattivo controllo di temperatura è normalmente peggiore d'assenza di controllo. Le misure di temperatura si degradano in modo grave in presenza di variazioni cicliche in brevi intervalli temporali. Se la temperatura cui avviene la misurazione è stabile e nota, si possono eseguire calcoli di conversione delle misure di differenti materiali alla temperatura di riferimento di 20°C.

Un normale condizionatore d'aria non è utilizzabile senza modifiche: è importante un controllo molto dolce delle fasi di riscaldamento e di raffreddamento; un controllo di tipo proporzionale, quantunque costoso, è migliore di un controllo on-off. È spesso indicata come idonea una velocità di variazione della temperatura pari a 0,5°C/h, ma per misurazioni con bassa incertezza questo valore deve essere dimezzato. Non è accettabile una variazione costante della temperatura, ad esempio non è accettabile estrapolare una variazione di 0,5°C/h a 4°C/8h.

Può essere causa di significativi errori di misura anche il ritardo delle variazioni di temperatura d'apparecchiature di gran massa rispetto a quelle di pezzi in misura di piccole dimensioni.

#### STABILIZZAZIONE TERMICA DEL PEZZO

È importante consentire ai pezzi di raggiungere la temperatura di misurazione, consapevoli che, quanto più la loro temperatura si avvicina a quella dell'ambiente circostante, tanto più diminuisce la velocità della variazione di temperatura.

Il fenomeno descritto è regolato dalla legge:

$$q = kA \frac{dT}{dx}$$

In cui  $q$  è la velocità di trasmissione del calore (espressa in watt, N.d.T.) ed il rapporto indica il gradiente di temperatura tra ambiente ed oggetto.

Per le comuni misurazioni dimensionali di piccoli oggetti, con dimensioni fino a circa 300 mm, e per cui l'incertezza della misura è dell'ordine di 0,010 mm, dovrebbe essere sufficiente un tempo di stabilizzazione di alcune ore; dove si eseguano misurazioni con accuratezza molto elevata, come nel caso della taratura di blocchetti campione, è richiesto maggior tempo. Il tempo di stabilizzazione può essere ridotto appoggiando il pezzo da misurare su una superficie metallica alla temperatura dell'ambiente. Si ricordi che il granito ha calore specifico molto minore dei metalli, e non è idoneo a questo scopo. Una massa grande, come la tavola di una CMM, può impiegare mesi a stabilizzarsi entro 0,5°C dalla nuova temperatura ambientale, anche partendo da una differenza di temperatura iniziale non superiore a pochi gradi.

Materiali e metalli differenti modificano la loro lunghezza, al variare della temperatura, di quantità differenti. È utile ricordare il valore della variazione per l'acciaio: circa 12 µm per ogni metro di lunghezza e per ogni grado di variazione di temperatura: per l'alluminio tale valore è 24 µm, per l'ottone 18 µm.