

CALIBRI PER VERIFICHE INTERMEDIE SULLE MACCHINE DI MISURA A COORDINATE (CMM)

di Gianfranco Costelli

Le verifiche intermedie sono eseguite regolarmente nell'intervallo temporale tra le verifiche periodiche, e saltuariamente nel caso di dubbi sulla condizione metrologica del Sistema di Misurazione, con scopi e metodologie specializzati. Secondo la Norma UNI EN 10360-2, devono essere utilizzati artefatti di riferimento e procedure applicative appositamente progettati in funzione di esigenze specifiche e differenti da quelli impiegati per le verifiche di accettazione e periodiche.

LA SCELTA DEGLI ARTEFATTI E DELLE PROCEDURE

La scelta di un artefatto/procedura per verifiche intermedie dipende da considerazioni di carattere pratico – economico – conoscitivo e deve tenere in conto il costo dell'attrezzatura, sia costruttivo sia di mantenimento, ed il costo della prova.

Occorre avere ben chiaro lo scopo della prova, la quale, pena la permanente non-operatività della CMM, deve essere congruente con le caratteristiche di precisione richieste alla stessa durante la normale attività di lavoro.

Si scelga se utilizzare, per l'accettazione od il rifiuto metrologico del Sistema, informazioni "ridotte" a pochi o al limite ad un solo numero, oppure complesse ed articolate, che possono comportare difficoltà d'interpretazione dei risultati, ma che hanno sicuramente un valore diagnostico e conoscitivo ad un livello superiore.

Le considerazioni che seguono hanno lo scopo di stimolare le riflessioni sull'argomento, senza tuttavia avere la pretesa di esaurirlo completamente.

Si propongono quindi una classificazione dei più comuni artefatti utilizzabili per verifiche intermedie e delle più comuni cause di degrado delle prestazioni di una CMM, sulla base delle quali saranno proposte alcune considerazioni.

Artefatti

- sfere ed anelli
- barre con sfere, piatti con sfere
- particolari speciali rappresentanti elementi geometrici tipici

Cause di errore

- a) difetti del sistema tastatore
- b) isteresi, attriti, difetti del controllo, difetti dei trasduttori di posizione
- c) difetti di geometria
- d) effetti termici

INDAGINE SUL SISTEMA TASTATORE

I difetti del sistema tastatore non sono tipicamente funzione della posizione dell'oggetto misurato nel volume della CMM e delle dimensioni dello stesso; dipendono invece spesso dalla direzione del moto e dalla configurazione del tastatore, in particolare dalla lunghezza e dalla massa dello stilo. Le isteresi e i difetti classificati in b) sono anche funzione della posizione del campione nel volume della macchina, e la loro presenza si riflette naturalmente sulle prestazioni del sistema tastatore visto come insieme (CMM + Probe).

Quindi, ad esempio, l'analisi dell'errore di forma su di una sfera campione di piccolo diametro (minore di 30 mm) tastata per un elevato numero di punti (almeno 17) uniformemente distribuiti fornisce indicazioni utili e prevalenti sul comportamento del sistema tastatore. Se si aggiunge la valutazione dell'errore di misura dei raggi polari si acquisiscono ulteriori informazioni utili per individuare anche difettosità di tipo b).

Il peso di queste ultime aumenta se si considera la ripetibilità della misura del diametro della sfera, questa volta approssiata per pochi punti (4 o 5), e ancora se la verifica di ripetibilità è eseguita in differenti posizioni nel volume di misura (riproducibilità).

E' evidente che al crescere del contenuto informativo aumenta la durata della prova e la complessità della valutazione.



Anelli cilindrici lisci – Archivio Marposs S.p.A.

La misurazione delle caratteristiche di un anello fornisce informazioni simili a quelle ottenute con l'utilizzo di un campione sferico, ritengo tuttavia che l'anello si presti bene ad analisi più specializzate in cui sia utile escludere di volta in volta uno degli assi della CMM, ovviamente quello parallelo all'asse del campione.

Per un'ulteriore specializzazione dell'analisi dei risultati si può utilizzare un blocchetto piano parallelo di piccole dimensioni (30 mm), misurato in differenti orientamenti rispetto al sistema coordinato della CMM, e con valutazione dei risultati di misura della lunghezza e della ripetibilità uni- e bi-direzionale in funzione della posizione/orientamento del campione, ma in questo caso l'indicazione globale delle prestazioni del tastatore comporta maggiori difficoltà.

INDAGINE SULLA GEOMETRIA DELLA CMM

All'aumentare delle dimensioni del calibro campione l'influenza sulle misure degli errori più tipicamente sistematici, e cioè di geometria e termici, sarà sempre più sensibile. Volendo quindi specializzare l'indagine su questi, le dimensioni del calibro dovranno essere le maggiori possibili, e a titolo generico si può consigliare un 70% della misura della diagonale maggiore del volume utile della CMM.



Piatto a sfere – Archivio Marposs S.p.A.

La variazione della misura di lunghezza di un calibro monodimensionale allineato secondo una (sempre la stessa) diagonale del volume della CMM mette in evidenza variazioni dell'assetto geometrico della macchina di misura.

L'analisi condotta misurando lungo almeno tre delle quattro direzioni diagonali nel volume indica più chiaramente la variazione globale delle quadrature e dei fattori di scala.

Ulteriori misurazioni in direzione assiale aggiungono informazioni specifiche sulle variazioni della taratura dei trasduttori di posizione e sulle deformazioni angolari.

L'impiego di campioni di lunghezza a sfere elimina in pratica tutti gli effetti delle anomalie classificate a) e b) nella tabella precedente, mentre la misura di lunghezza di campioni a facce piane parallele risente degli stessi in una misura che è quantificabile con precisione solo eseguendo

uno o più test supplementari su campioni di piccole dimensioni, come già descritto.

Da quanto detto finora si dovrebbe poter valutare il vantaggio, in termini di economia della prova e di ricchezza delle informazioni, ottenuto impiegando artefatti complessi specificamente progettati, come ad esempio la ball bar – step gage rappresentata nella figura seguente, essendo una delle due sfere anche un campione per l'errore di forma.



Il calibro potrebbe essere misurato per determinare la distanza tra i centri delle sfere e la posizione di ciascuna superficie piana rispetto ad uno di essi; inoltre una delle sfere potrebbe essere utilizzata come già descritto.

LA TARATURA DEGLI ARTEFATTI

Durante l'attività di progettazione di un artefatto e della relativa procedura applicativa, occorre stabilire se questo debba essere tarato o meno.

Un calibro per verifiche intermedie non necessita di taratura, in quanto si può assumere come valore di riferimento quello ottenuto dall'esecuzione del primo ciclo di prove, subito dopo la calibrazione/accettazione della CMM.

Nel caso in cui si decida per la non-taratura, il calibro deve essere però garantito per stabilità a lungo termine di forme e dimensioni, tenendo conto anche della sua complessità e della più o meno elevata criticità di utilizzo. Il consiglio dello scrivente è comunque che, data la sicura disparità di costo tra la verifica di una macchina di misura e quella di un qualsiasi artefatto, nel caso in cui si rinunci alla taratura si assicuri la disponibilità di un campione di lunghezza tarato e di dimensioni idonee per eseguire, al bisogno, verifiche incrociate utili a confermare la validità metrologica dei riferimenti impiegati prima di procedere alla messa fuori servizio dello strumento indagato.

GLI EFFETTI TERMICI E LA SCELTA DEI MATERIALI

Gli errori di misura che ne sono la manifestazione non sono facilmente separabili dagli effetti di altre variazioni lineari e strutturali della geometria della CMM. Del resto, in genere, non è interessante valutare il peso dei soli effetti termici in sede di verifica intermedia.

Esiste tuttavia la possibilità di approfondire l'analisi, ad esempio quando occorra valutare l'efficacia di azioni di miglioramento delle condizioni ambientali. In questo caso i risultati delle misurazioni dovranno essere correlati a significative alterazioni delle condizioni termiche sia della CMM sia dell'ambiente circostante.

Nel caso in cui si debba analizzare la variazione lineare della geometria del Sistema, (dilatazioni dei trasduttori di posizione), saranno sufficienti misurazioni della lunghezza di della lunghezza di campioni materiali allineati agli assi coordinati e prossimi il più possibile ai trasduttori. In questo caso la scelta del materiale del calibro è fondamentale, in quanto se il suo coefficiente di

dilatazione lineare termica sarà piccolo saranno evidenziate le variazioni dello strumento, mentre al contrario saranno amplificati gli effetti sul pezzo.

Gli effetti rotazionali sulla struttura della CMM possono essere indagati con misurazioni differenziali di campioni di lunghezza allineati agli assi coordinati, in posizioni estreme nel volume di misura; bisogna garantire la stabilità a breve termine dei calibri aumentandone l'inerzia termica o riducendo il tempo occorrente per la prova. Naturalmente l'utilizzo di materiali a piccolo coefficiente di dilatazione è la soluzione migliore (e la più costosa).

E' ovvio che la migliore situazione realizzabile per analisi globali è di realizzare artefatti aventi lo stesso coefficiente di dilatazione dei materiali realmente misurati in produzione.

Campione	Effetto evidenziato
Sfere, anelli (forma)	a, (b)
Sfere, anelli (dimensione)	(a), b
Blocchetti p.p. "corti"	(a), b
Blocchetti p.p. "lunghi"	(a), (b), c, d
Barre a sfere	c, d

Tabella di sintesi