

III Congresso di Metrologia & Qualità –Lingotto (TO-Italy) 27-Feb-2002

Solo un giorno, per la misura e la compensazione volumetrica di una macchina utensile 5 assi di grandi dimensioni, per mezzo del Metodo Vettoriale e del Laser Doppler.

Gianmarco Liotto

Optodyne Laser Metrology S.r.l.

Via Veneto, 5 20881 Bernareggio (MB) ITALIA

(E-mail: optodyne@optodyne.it) tel. 039 6093618 fax 039 6800147

WWW.OPTODYNE.IT

Abstract.

Con l'introduzione del nuovo standard ISO 230-6 che prevede la misura volumetrica diagonale, cresce la necessità di effettuare misure laser accurate in tempi brevi. In questo articolo si dimostra come sia possibile misurare, compensare e verificare gli errori di posizionamento volumetrico e gli errori di coordinamento dinamico di una macchina utensile a 5 assi di grandi dimensioni (13m) in una giornata. Il tutto senza compromessi con la precisione, anzi aumentando la precisione di posizionamento volumetrico tipicamente di 5 volte rispetto alla sola calibrazione di posizionamento lineare. Le misure comprendono errori di posizionamento diagonale nel volume di lavoro, errori di posizionamento lineare, errori di rettilineità verticale ed errori di rettilineità orizzontale per ogni asse lineare; 3 errori di perpendicolarità ed errore di posizionamento angolare per gli assi rotanti.

Sono stati inoltre misurati gli errori di coordinamento circolare ed i profili di velocità ed accelerazione per la verifica della taratura dei servomeccanismi.

Le misure sono state effettuate con la combinazione del metodo vettoriale, per la misura volumetrica del corpo centrale della macchina e dell'interferometro Doppler a doppio raggio per la misura dell'asse lungo e degli assi rotanti. Le misure dinamiche sono state effettuate senza contatto per mezzo del sistema Laser /Ballbar.

Nell'articolo vengono illustrati gli strumenti utilizzati, i metodi di misura ed i risultati delle misure. Vengono inoltre analizzati nel dettaglio i tempi di preparazione della strumentazione, di misura, di analisi e trattamento dei risultati.

Introduzione

E' una questione di tempo! Per macchine di grandi dimensioni, il tempo di fermo macchina è molto oneroso. Il Metodo che illustreremo permette di ridurre il tempo necessario per la calibrazione, la compensazione e la certificazione **da giorni a ore** ed è applicabile anche a macchine di grandi dimensioni. Il metodo illustrato è basato sull'uso del sistema interferometrico di calibrazione laser Doppler di nuova generazione, composto da due sistemi laser usabili in maniera combinata o indipendente [Fig.1]. L'utilizzo di due misuratori laser contemporaneamente permette una misura di tipo STEREOSCOPICO, ovvero due distanze acquisite da due punti diversi permettono di riconoscere oltre alla posizione, anche l'angolo di rotazione. L'uso di una doppietta di laser, formata dai due laser paralleli, permette l'acquisizione di un numero doppio di informazioni, moltiplicando l'efficienza del processo di misura. Avendo a disposizione i dati del movimento di due punti che scorrono su due rette parallele è possibile misurare le deviazioni angolari, e calcolare la rettilineità per integrazione degli angoli (con lo stesso metodo matematico usato da altri strumenti tradizionali quali la livella e l'autocollimatore) o per misurare angoli di posizionamento di tavole o assi rotanti [Fig 3]. come nelle macchine a 5/6 assi) I due laser separati possono anche essere posizionati perpendicolarmente uno rispetto all'altro in modo da poter misurare contemporaneamente deviazioni su due assi diversi. In questo modo si può misurare il coordinamento dinamico degli assi e la risposta dei servosistemi di posizione con percorsi circolari o di forme diverse quali il diamante (ricorda l'asse di picche nelle carte da gioco) che possono evidenziare la risposta a variazioni brusche di accelerazione [Fig 5] L'utilizzo dei due laser posti perpendicolarmente, a misurare lo stesso bersaglio da due angolazioni diverse, e la possibilità di usare una superficie riflettente di qualsiasi forma, permette anche la misurazione dinamica delle eccentricità del mandrino in rotazione ad alta velocità, in questo caso il bersaglio è una sfera di precisione [Fig.4] A queste misure stereoscopiche dell'asse più lungo, viene associata una misura di tipo volumetrico [Fig 2] o diagonale per passi sequenziali, la quale permette mediante quattro allineamenti laser lungo le diagonali e misure con movimenti separati di ogni asse di acquisire le informazioni di

errore di posizione, di rettilineità verticale ed orizzontale di ognuno dei 3 assi ortogonali ed anche i tre errori di perpendicolarità [2].

Valutazione dei tempi di compensazione e calibrazione.

Valutazione dei tempi necessari per la compensazione e la calibrazione di una macchina utensile 5 assi di grandi dimensioni (X=13000mm Y=2400 Z= 1200) ed assi rotativi A e C, incluse le misure di coordinamento circolare, per mezzo di due laser Doppler a singolo raggio.

Misura asse X

L'asse X è lungo 13 000 mm e viene misurato ed in accordo con i suggerimenti della norma UNI ISO 230-2 (febbraio 2001) par. 4.3.3 che indica un passo P= 250mm per corse superiori a 2000mm.

Una prima misura viene effettuata con laser affiancati orizzontalmente in modo da misurare sia lo spostamento longitudinale lungo l'asse X che gli spostamenti angolari di imbardata attorno a Z. Il controllo viene programmato per movimenti di 250mm e soste di 5 s.

La seconda misura si effettua ruotando i laser di 90° attorno all'asse X in modo da leggere movimenti angolari di beccheggio attorno all'asse Y, questa seconda misura non necessita di fermate intermedie l'asse viene mosso in rapido. Con i dati rilevati sarà possibile calcolare: a- gli errori di posizionamento Xx, b- errori di rettilineità orizzontale Xy c- errori di rettilineità verticale Xz d- errori angolari di beccheggio θ_z e- errori di imbardata θ_y .

il tempo totale è 32 minuti come esplicitato nella tabella sottostante

MISURA ASSE X						
fase	tipo di operazione	lunghezza	l. passo	n. passi	tempo s.	t.tot min
1	1° passata a passi	13000	250mm	104	420+ 8xp	21
2	2° passata continua(on-the-fly)	13000			180+180	6
3	Processamento dati					5
6	Tempo totale fermo macchina per la misura asse X				minuti	32

Misura di posizionamento volumetrico per una sezione centrale di macchina per mezzo del metodo Vettoriale.

la misura viene effettuata in un volume compreso tra 1200mm 2400mm e 1500mm

MISURA VOLUMETRICA VETTORIALE ASSI X, Y, Z						
fase	tipo di operazione	lunghezza	l. passo	n. passi	tempo s.	t.tot min
1	1° Diagonale ppp -nnn a passi	4734		181	600+ 5xp	25
2	2° Diagonale pnp-npn a passi	4734		181	600+ 5xp	25
3	3° Diagonale ppn-nnp a passi	4734		181	600+ 5xp	25
4	4° Diagonale npp-pnn a passi	4734		181	600+ 5xp	25
5	Processamento dati					10
6	Tempo totale fermo macchina per la misura volumetrica Vettoriale,				minuti	110

Il sistema utilizzato è MCV- 500 ed il tempo necessario è meno di 2 ore

i dati risultanti comprendono:

- a- errore di posizionamento asse Y b- errore di posizionamento asse Z c- errore di rettilineità Yx
d- errore di rettilineità Yz e- errore di rettilineità Zx f- errore di rettilineità Zy
g- errore di squadra X-Y h- errore di squadra Y-Z I- errore di squadra Z-X

Misura dell'errore angolare dell'asse C e dell'asse A

La misura viene effettuata con due sistemi affiancati e per mezzo della tavola rotante a movimento motorizzato.

I dati vengono raccolti a passi di 10 gradi nei due sensi di rotazione e con una ripetizione di 3 volte per l'analisi statistica.

MISURA per compensazione assi rotanti						
fase	tipo di operazione	lunghezza l. passo	n. passi	tempo s.	t.tot min	
1	Misura asse A , 3 ripetizioni	360	10	132 600 + 8xp	28	
2	Misura asse C, 3 ripetizioni	220	10	216 600 + 8xp	39	
3	Processamento dati				10	
Tempo totale fermo macchina per la compensazione e la verifica assi rotanti					77	

Il tempo necessario per la misura di verifica dei due assi rotanti è di poco superiore alle 2 ore.

Verifica della contornatura circolare assi XY -XZ e -YZ

verifica contornatura circolare				
fase	tipo di operazione	Nr. acquisizioni	tempo s.	t.tot min
1	misura asse X	2	300+30x2	6
2	misura asse Y	2	300+30x2	6
3	misura asse Z	2	300+30x2	6
4	Processamento dati			10
Tempo totale fermo macchina per la verifica di coordinamento dinamico				28

Tabella riassuntiva

riassunto tempi		tempo minuti	ore
fase	tipo di operazione		
1	Tempo totale fermo macchina per la misura asse X	32	0.5
2	Misura volumetrica	120	2.0
3	Compensazione e verifica assi rotanti	77	2.5
4	Coordinamento Dinamico	28	0.5
totale tempo di misura			5.5

Conclusioni

Il tempo necessario per la compensazione di una macchina utensile 5 assi con asse X di 13m con il con il nuovo sistema di misura che utilizza la combinazione di due laser ed un software moderno è di 5 ore e mezzo, considerando che non sempre è possibile evitare tempi morti, si può prevedere ce è possibile completare il lavoro in un giorno.

Riferimenti:

[1] G- Liotto and C. Wang, “ Laser Doppler Displacement Meter (LDDM) allow new diagonal measurement for large aspect ratio machine tool easily and accurately”, Proceedings of LANDAMAP International Conference of Laser Metrology and Machine Performanc, Huddersfield, West Yorkshire England, 15-17 July, 1997

[2] C. Wang G. Liotto, “ A laser Non-contact Measurement of static Positioning and Dynamic Contouring Accuracy of a CNC Machine tool”, Proceedings of the Measurement Science Conference, Los Angeles, Ca January 24-25, 2002



Fig 1 sistema completo per la misurazione di macchine utensili di grandi dimensioni

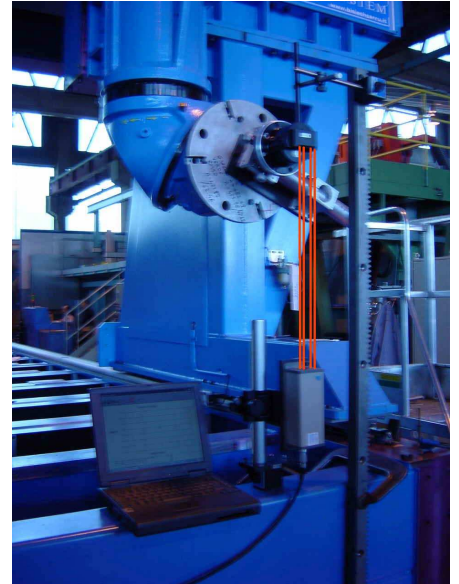


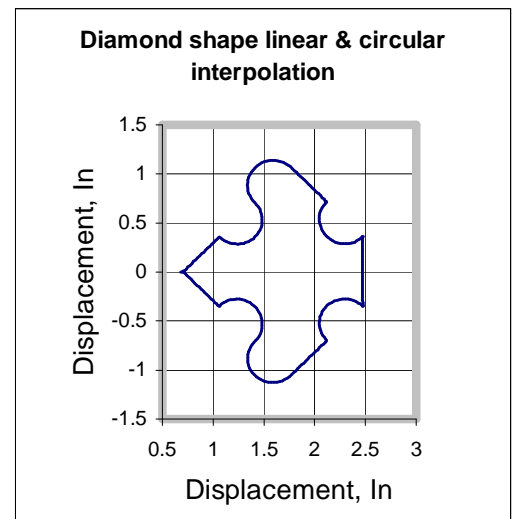
Fig 3 calibrazione testa rotante



ig 2 Calibrazione volumetrica



Fif 4 Misura dinamica di eccentricità mandrino



Fif 5 Percorso di misura di coordinamento dinamico lineare e circolare degli assi