

## **Misura Laser Senza Contatto dell'Errore di Rotazione del Mandrino.**

### **I. Quale è il problema da risolvere?**

Nel mondo produttivo moderno, vengono frequentemente richieste macchine utensili ad alta velocità, sia di traslazione sia con mandrino ad alta velocità di rotazione, per poter produrre parti con precisione di alcuni micron.

Per ottenere tale elevata precisione, devono essere misurate e regolate all'interno di alcuni micrometri, sia la precisione di posizionamento volumetrico sia la precisione di interpolazione circolare (Vedi AP-1113A). Anche l'errore di movimento del mandrino deve essere misurato e mantenuto entro i limiti di errore massimo ammesso.

Brevemente, il maggior contributo all'errore di movimento del mandrino è causata dall'allineamento dell'asse di rotazione del mandrino stesso, dell'asse di simmetria del portautensili e dell'asse di simmetria dell'utensile. Tutti e tre devono essere coassiali. Ogni deviazione dalla coassialità genera un errore di eccentricità. Altre cause dell'errore di movimento assiale e radiale sono i cuscinetti del mandrino, il movimento della struttura, ecc.

Normalmente le misure, che vengono effettuate con un tester di precisione per mandrini, che utilizza trasduttore capacitivo ed oscilloscopio, sono complesse e l'attrezzatura risulta ingombrante e pesante da trasportare. Il tester per mandrini richiede una calibrazione periodica ed il sensore capacitivo è limitato da sensibilità, campo di misura e non-linearità.

### **II. Cos'è il misuratore Laser dell'errore di movimento di rotazione del mandrino ?**

Il nuovo misuratore laser senza contatto dell'errore di movimento del (Patent pending) è un pacchetto aggiuntivo del Sistema di Calibrazione Laser MCV-500. Il sistema combinato può essere usato per effettuare misure di spostamento senza contatto di superfici lucide come, ad esempio, uno specchio piano od una sfera. La precisione e la risoluzione sono elevate ed il campo di misura molto ampio e non è necessario l'uso del tester per mandrini. Il sistema laser è di costo contenuto e fa risparmiare tempo. Confrontato con le tecniche convenzionali, i vantaggi del sistema di misura laser sono: 1) maggiore precisione e risoluzione; 2) maggiore distanza di misura; 3) facile messa a punto ed uso; 4) non necessita del pesante tester di precisione e della sua periodica calibrazione e 5) si risparmia tempo e denaro.

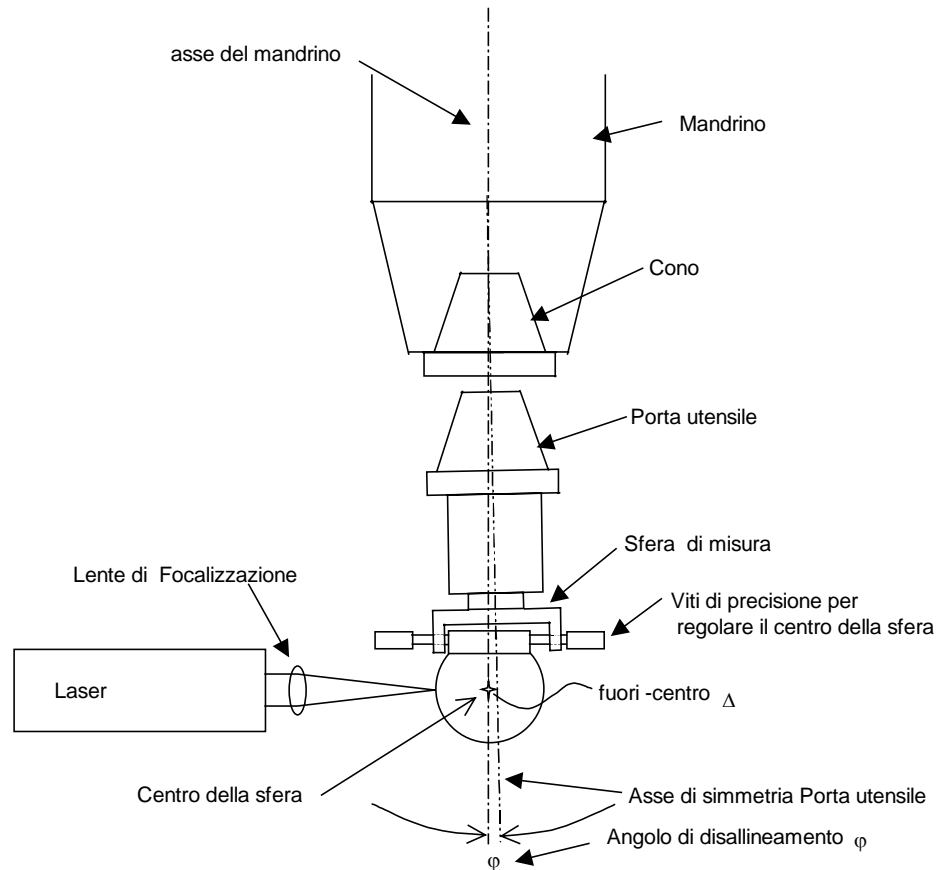


Fig. 1 Schema del Mandrino, del Portautensili, della Sfera di misura e del Laser

### III. Come Funziona il Sistema di Misura Laser Senza Contatto.

Una proprietà esclusiva del sistema di calibrazione laser senza contatto è lo schema ottico a singola apertura e raggi coassiali e, dato che entrambi i raggi di andata e ritorno usano la stessa apertura, è possibile usare uno specchio piano come bersaglio. Si usa una lente per focalizzare il raggio laser di uscita sulla superficie metallica lucida di una sfera usata come bersaglio di misura. Come illustrato in Fig.1, una sfera metallica di precisione è montata sul mandrino ed il sistema laser è montato sul pianale della macchina. Viene usata una lente di focalizzazione con un fuoco di 100mm per focalizzare il raggio laser sulla

superficie della sfera. Ruotando il mandrino, può essere misurata la variazione di distanza della superficie della sfera o in altri termini, l'errore di movimento del mandrino.

#### IV. Risultati delle prove e Analisi

Puntare un emettitore laser sulla sfera lungo la direzione X come illustrato in Fig. 1, per prima cosa, allineare la sfera nel centro di rotazione per mezzo delle 4 viti micrometriche. Quindi, ruotare il portautensili con la sfera di misura di 180 gradi. Ora, a causa della simmetria, l'errore di centratura è il doppio dell'errore vero tra l'asse di rotazione del mandrino e l'asse di simmetria del portautensili. Ruotare manualmente il mandrino tra X e -X e tra Y e -Y. La massima differenza nella direzione X è  $\Delta X_M$  e nella direzione Y è  $\Delta Y_M$ .

L'errore di centratura tra l'asse di rotazione del mandrino ed il centro dell'utensile  $\Delta$ , può essere determinato da

$$\Delta = 0.25 \sqrt{X_M * \Delta X_M + Y_M * \Delta Y_M}, \quad \text{Eq. 1}$$

$$\varphi = \text{Arctan} [\Delta Y_M / \Delta X_M]. \quad \text{Eq. 2}$$

La precisione della misura è limitata dalla rotondità della sfera, tipicamente  $0,5\mu\text{m}$ . Per misurare l'errore totale di movimento del mandrino, ruotare il mandrino e memorizzare le misure lette in automatico dal sistema laser,  $\Delta X(t)$  per molti giri.

L'errore totale di movimento del mandrino a velocità costante può essere espresso come funzione dell'angolo,  $\theta$ , e del numero di cicli,  $i$ .

$$r_i(\theta) = r_f + dr(\theta) + dr_i(\theta), \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad \text{Eq. 3}$$

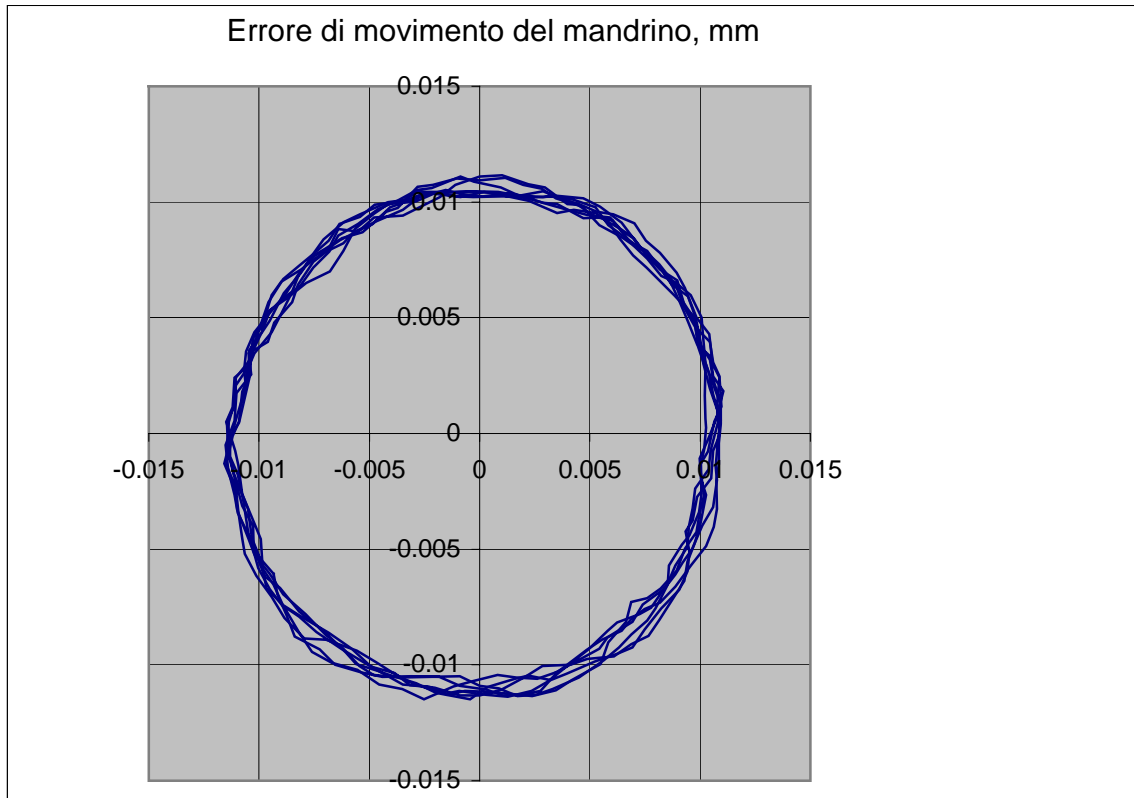
dove  $r_f$  è l'errore fondamentale di movimento,  $dr(\theta)$  è l'errore di moto residuo,  $dr_i(\theta)$  è l'errore di moto asincrono,  $\theta$  è l'angolo di rotazione, ed  $N$  è il numero totale di cicli.

L'errore  $r_f$  è dovuto alla distanza tra l'asse di rotazione del mandrino ed il centro,  $dr(\theta)$  è dovuto al cuscinetto, alla non rotondità della sfera ed agli altri errori di moto sincroni, e  $dr_i(\theta)$  è dovuto agli errori di movimento della struttura ed agli altri errori di movimento asincroni. Una volta misurato l'errore totale di movimento  $r_i(\theta)$ , i contributi di  $r_f$ ,  $dr(\theta)$  e di  $dr_i(\theta)$  possono essere determinati per mezzo delle seguenti relazioni:

$$r_f = \langle \langle r_i(\theta) \rangle_i \rangle_\theta \quad \text{Eq. 4}$$

$$dr(\theta) = \langle r_i(\theta) \rangle_i - r_f \quad \text{Eq. 5}$$

dove  $\langle \rangle_i = \sum_i [ ]/N$  è la media su N cicli e  $\langle \rangle_\theta = \sum_\theta \{ \} / 2\pi$  è la media sull'angolo  $2\pi$ .



La massima deviazione nella direzione X ed Y è di, rispettivamente, 17  $\mu\text{m}$  e 13  $\mu\text{m}$ . Per cui il fuori centro, calcolato con le Eq. 1 e 2, è di 21.4  $\mu\text{m}$  ad un angolo  $\varphi = 37.4$  gradi. In Fig.2 sono rappresentati i dati di una misura effettuati ad una velocità di rotazione di 100 giri/minuto ed un campionamento di 125 dati/s. Utilizzando le formule Eq. 3, 4 e 5, sono stati calcolati il valore dell'errore di moto fondamentale, 0.005471 mm, il valore medio dell'errore di moto, 0.001027 mm, ed il valore dell'errore di moto asincrono, 0.001633 mm.

#### **IV. Riferimenti**

1. Charles Wang, "A new laser non-contact method for the measurement of spindle error motion", unpublished.
2. J. Bryan, R. Clonser and E. Holland, "Spindle accuracy", American Machinist, Dec. 4, 1967.
3. Axes of rotation, methods for specifying and testing, An American National Standard, ASME B89.3.4M-1985 by the American Society of Mechanical Engineers, 1985.

#### **V. Need more information.**

Please call Optodyne, Inc. at 310-635-7481 or your local representative