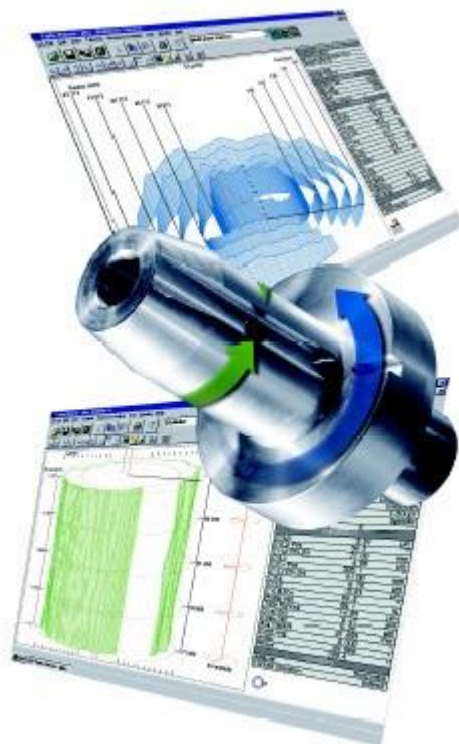


Guida alla misura della circolarità

GUIDA ALLA MISURA DELLA CIRCOLARITA'



Introduzione alla Circolarità

Perché Misurare la Circolarità

È opinione comune che i più grandi benefici allo sviluppo della razza umana sono portati dall'invenzione prima di tutto dell'alfabeto ed in secondo luogo della ruota. Guardandosi intorno è a tutti evidente quanto in grande misura dipenda la nostra vita da dispositivi dotati di organi rotanti.

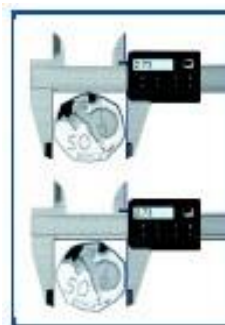
 	<p>Centro d' Eccellenza</p> <p>Tel.: +39-02-94693401</p> <p>Fax: +39-02-94693450</p> <p>mirco.pugliese@ametek.it</p>	<p>Pag. 2 di 16</p>
<p>Guida alla misura della circolarità</p>		

Verificare la circolarità migliora le prestazioni



Tutti i sistemi, dai più semplici ai più complessi, dalle Centrali Elettriche agli Elettrodomestici, dagli orologi ai mezzi di trasporto, hanno componenti CIRCOLARI. In qualsiasi processo produttivo si vedrà che le macchine utensili producono componenti rotondi o cilindrici. E' compito della progettazione stabilire ed indicare "quanto" dovranno essere rotondi, è compito della metrologia verificare se le specifiche sono rispettate. La circolarità influisce sul funzionamento e sulle prestazioni in molti modi, non ultimo il mantenimento di una pellicola di lubrificante tra componenti accoppiati. Sebbene sia la rotondità che le dimensioni giochino un ruolo importante nel assemblaggio, la rotondità viene valutata indipendentemente dalle dimensioni, perciò deve essere misurata con metodi dedicati.

Diametro non vuol dire Circolarità



Molti credono erroneamente che sia sufficiente misurare il diametro di un particolare in diverse posizioni, assumendo che la differenza delle letture rappresenti il "Fuori Circolarità" del componente. Un'evidente prova di questo errore si ottiene misurando il diametro di particolari trilobati equilateri. Facilmente il diametro dei pezzi non cambia anche se chiaramente non sono rotondi!

Guida alla misura della circolarità

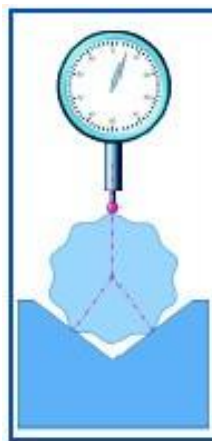
Come si misura la circolarità

Definizione di circolarità

Un componente si definisce "rotondo" se tutti i punti di una sua sezione sono equidistanti da un centro comune.

Perciò per misurare la circolarità, è necessaria la rotazione del componente congiunta alla possibilità di misurare la variazione del raggio.

Metodo con Blocco a "V" (3 punti)



Così come per la scelta del processo di lavorazione, è il livello di precisione richiesto che determina la strumentazione e il metodo di misura da utilizzarsi.

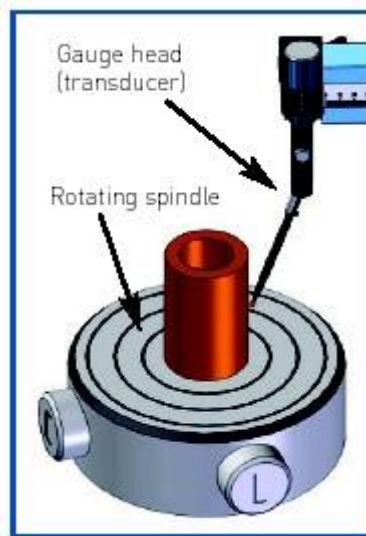
Nei casi in cui la circolarità sia una caratteristica non critica, un semplice metodo è quello di posizionare il pezzo in un blocco a V e ruotandolo registrare lo scostamento di lettura di un comparatore a contatto con esso. Se il pezzo è perfettamente Circolare, il tastatore del comparatore non si muoverà.

Come è evidente in questo diagramma, il metodo a "3 punti" è molto influenzato dalla spaziatura e fase delle irregolarità del profilo oltre che dall'angolo della "V".

Quindi i risultati ottenuti non forniranno indicazioni accurate sul funzionamento del componente né informazioni utili per correggere la macchina utensile che l'ha prodotto.

Guida alla misura della circolarità

Metodo con Riferimento Circolare



Il pezzo viene fatto ruotare su un mandrino molto preciso che costituisce il riferimento.

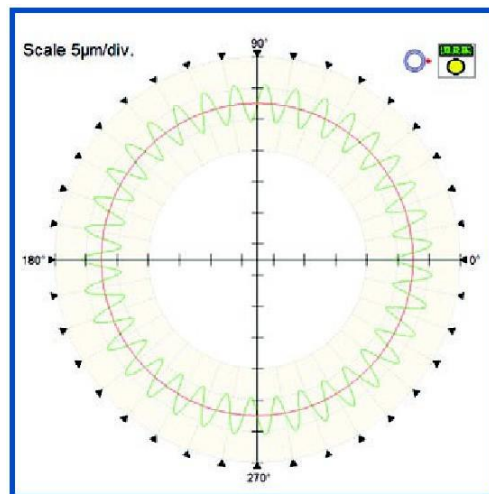
L'asse del pezzo viene allineato con l'asse del mandrino stesso, usando una tavola di centraggio e di livellamento.

Durante la rotazione, un trasduttore misura le variazioni radiali tra il pezzo e l'asse del mandrino.

Sfruttando un'adeguata accuratezza del mandrino e della testa di lettura, il metodo con riferimento circolare può essere utilizzato per verificare la maggior parte delle specifiche di precisione spinta di circolarità ed è adatto sia a misure di circolarità interna sia esterna.

Guida alla misura della circolarità

Un grafico del risultato non è sufficiente.



È preferibile rappresentare i risultati delle variazioni radiali mediante un grafico o profilo polare. L'errore di circolarità può essere determinato sovrapponendo una maschera e centrando ad occhio il profilo. È in questo modo possibile identificare il picco più alto e la valle più profonda e misurare la distanza tra i due. Questo metodo è evidentemente dipendente dall'esperienza e capacità dell'operatore ed è esposto ad errori.

Gli strumenti moderni "Restituiscono un Valore!"

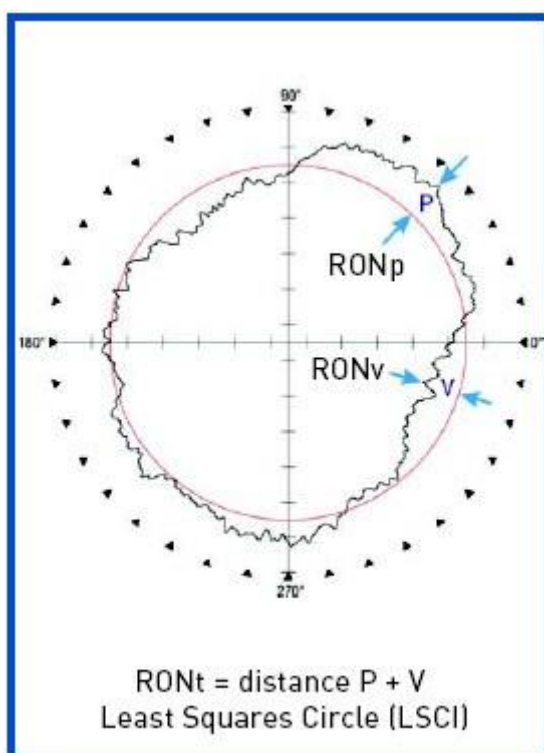
Innanzitutto sostituiamo la vecchia maschera con un "cerchio ideale" creato dal computer. Poiché il cerchio è estrapolato dai dati reali misurati, è possibile calcolare matematicamente la variazione del profilo misurato dal suo cerchio di riferimento. In questo modo è possibile numericamente ed in maniera affidabile, descrivere una condizione di "Fuori Circolarità".

Guida alla misura della circolarità

Cerchi di Riferimento

Il loro utilizzo nell'analisi del Picco - Valle, "Fuori Circolarità" (RONt)

Cerchio ai Minimi Quadrati (LSCI)

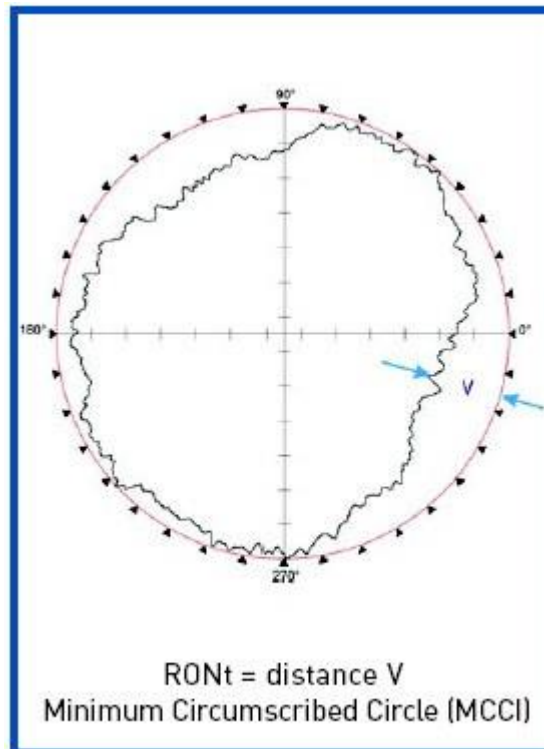


È quel cerchio per il quale la somma dei quadrati delle distanze dei punti del profilo misurato dal cerchio stesso è minima. Questo è anche il luogo dei punti che dividono il profilo in aree minime equivalenti sottese internamente ed esternamente dal profilo. È questo il metodo più comunemente utilizzato come riferimento.

L'errore di circolarità è quindi espresso come Massimo scostamento dal LSCI (in assoluto: Altezza del Picco più alto più Profondità della Valle più profonda).

Guida alla misura della circolarità

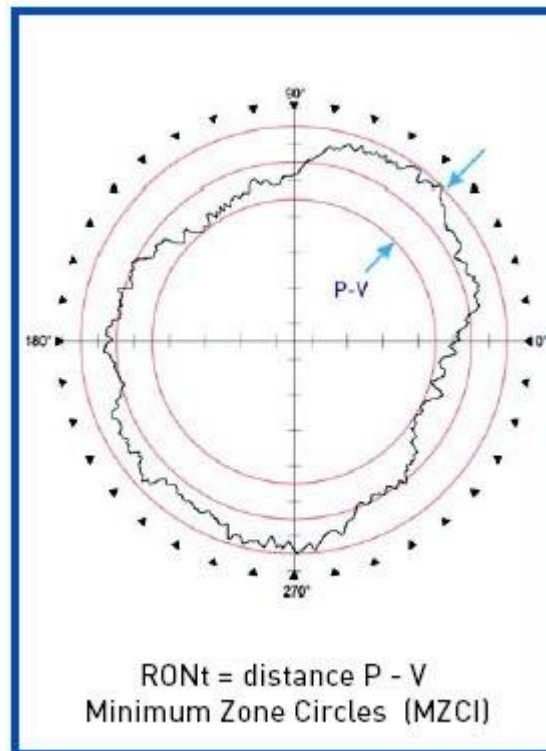
Cerchio Minimo Circoscritto (MCCI)



Definito come il cerchio di raggio minimo che contiene tutti i punti del profilo misurato. L'errore di Circolarità è dato dal Massimo scostamento del profilo da questo cerchio. Talvolta viene riportato come Cerchio di riferimento dell'Anello Campione.

Guida alla misura della circolarità

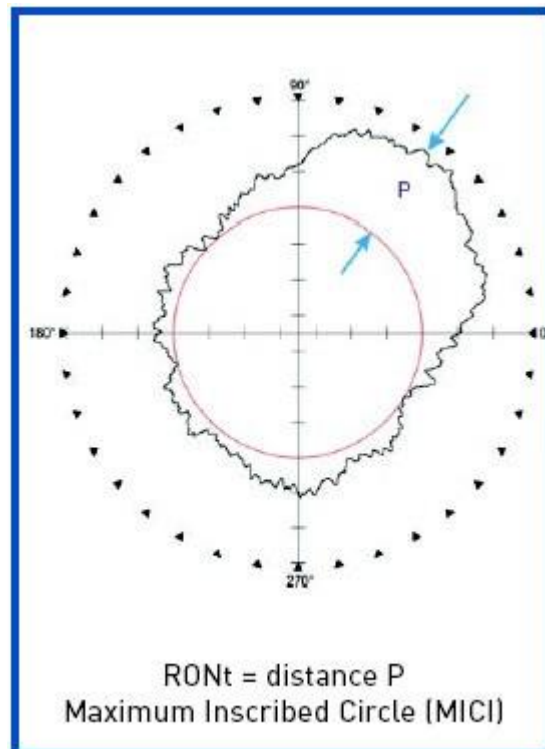
Cerchio di Riferimento a Zona Minima (MZCI)



La zona minima viene delimitata da due cerchi concentrici che includono il profilo rilevato. La distanza fra loro dovrà essere minima.
L'errore di Circolarità è dato dallo scostamento radiale dei due cerchi.

Guida alla misura della circolarità

Cerchio Massimo Inscritto (MICI)



Definito come il cerchio di raggio massimo che esclude tutti i punti del profilo misurato. L'errore di Circolarità è dato dal Massimo scostamento del profilo da questo cerchio. Talvolta viene riportato come Cerchio di riferimento del Tampone Campione.

Note:

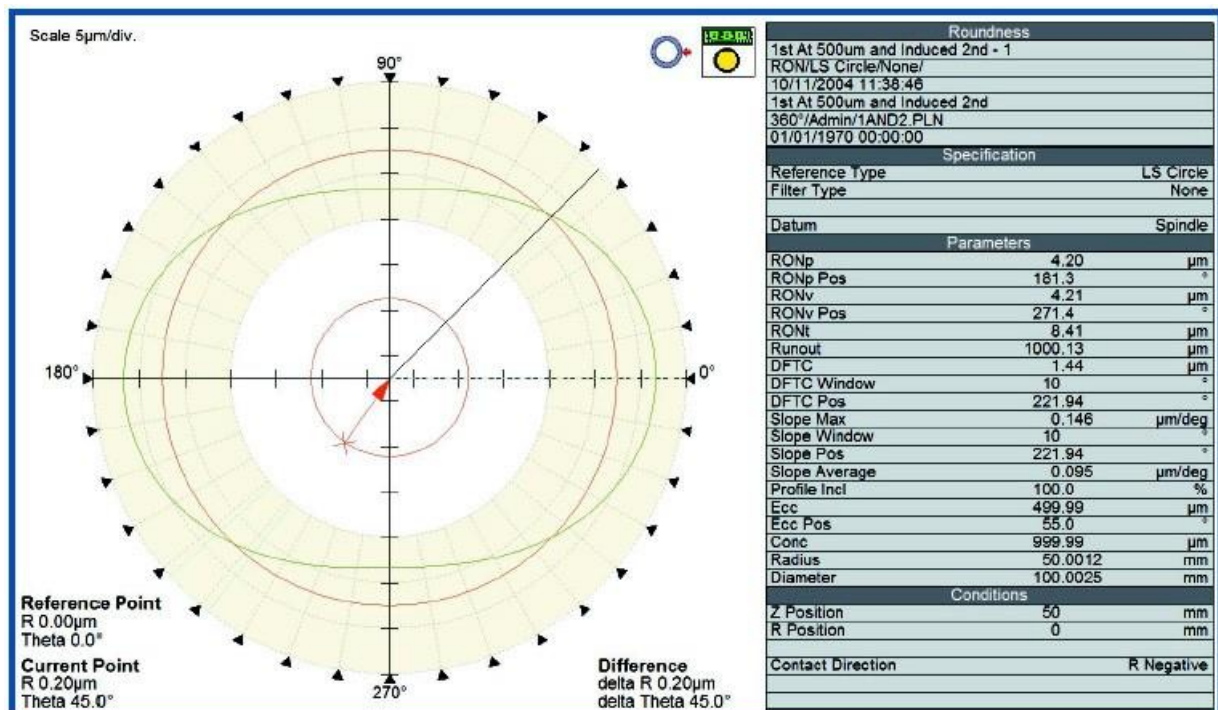
Le denominazioni LSCI, MZCI, MCCI e MICI si applicano a cerchi di Riferimento per l'analisi della circolarità.

Le equivalenti denominazioni per l'analisi della cilindricità sono LSCY, MZCY, MCCY e MICY.

Guida alla misura della circolarità

Parametri di Circolarità

RONt, RONp e RONv

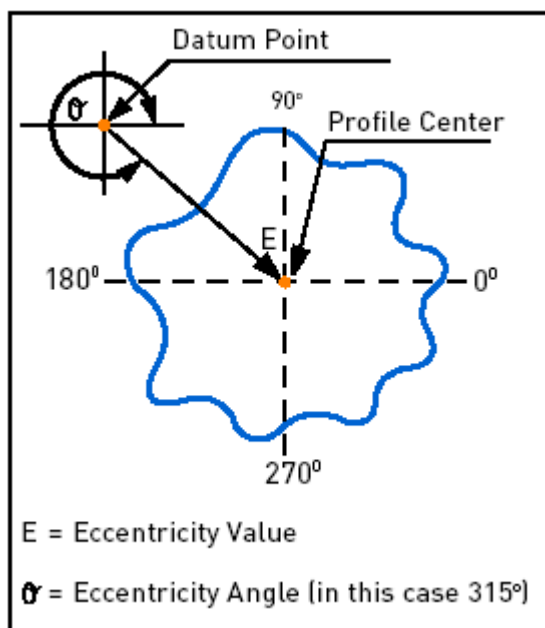


Parametro RONt (circolarità totale) è il parametro più comunemente utilizzato. E' la massima deviazione dal cerchio di riferimento, ed è la somma di RONp (Picco di Circolarità) e RONv (Valle di Circolarità), i quali non sono altro che i parametri associati.

Tutti i parametri di circolarità sono dati dalla deviazione dal cerchio di Riferimento, i risultati sono quindi dipendenti dal tipo di Riferimento utilizzato.

Guida alla misura della circolarità

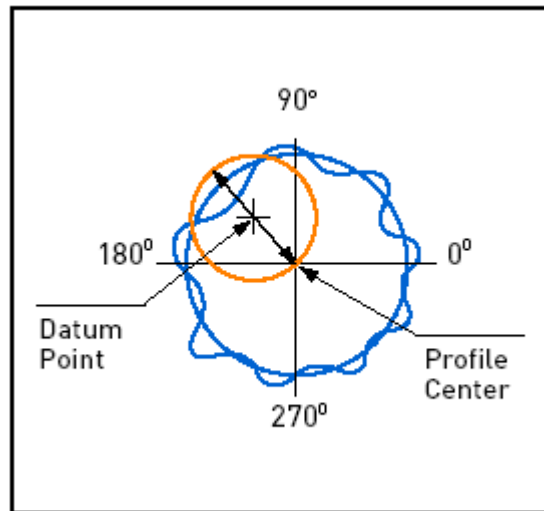
Eccentricità (ECC)



Questo è il termine utilizzato per definire la posizione del centro di un profilo rispetto ad un punto dato. È una quantità vettoriale, pertanto è definito da una distanza e da una direzione. Il parametro di eccentricità è espresso come distanza tra il centro del profilo ed il punto di Riferimento; la direzione è espresso angularmente rispetto al punto stesso.

Guida alla misura della circolarità

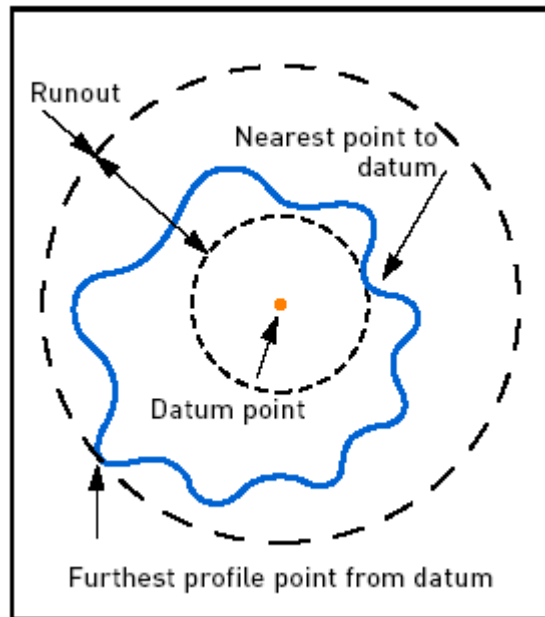
Concentricità (CONC)



Parametro analogo all'eccentricità ma definito solamente come distanza, non come direzione. È il diametro del cerchio descritto dal centro del profilo rispetto al punto di Riferimento. Pertanto il valore della concentricità è due volte il valore dell'eccentricità.

Guida alla misura della circolarità

Scentratura/Oscillazione (Runout)



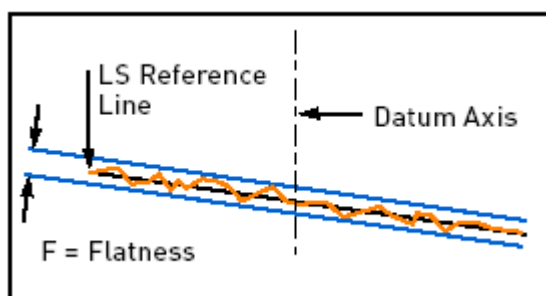
Talvolta viene definito come TIR (Total Indicated Reading). Runout è la differenza radiale tra due cerchi concentrici in un punto di Riferimento e disegnati in modo da comprendere tutti i punti del profilo misurato.

Molto utile, di conseguenza, poiché è indice degli effetti combinati degli errori di forma e concentricità, in grado quindi di fornire a priori informazioni riguardo le prestazioni di un componente che ruota attorno ad un punto (asse) di Riferimento.

Guida alla misura della circolarità

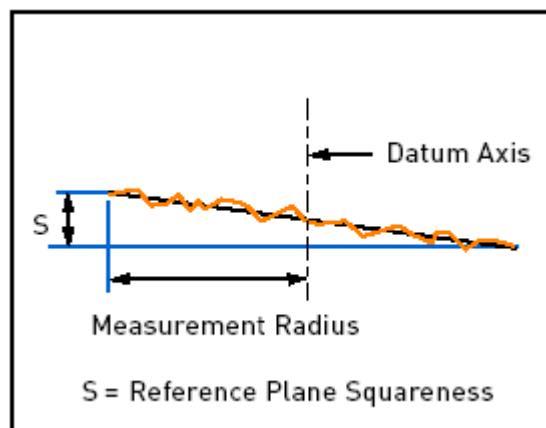
Parametri Associati

Planarità (FLTt)



Dato un piano di riferimento, la planarità è calcolata come scostamento Massimo picco-valle da quel piano. Il Riferimento può essere calcolato ai Minimi Quadrati (LS) o a Zona Minima (MZ).

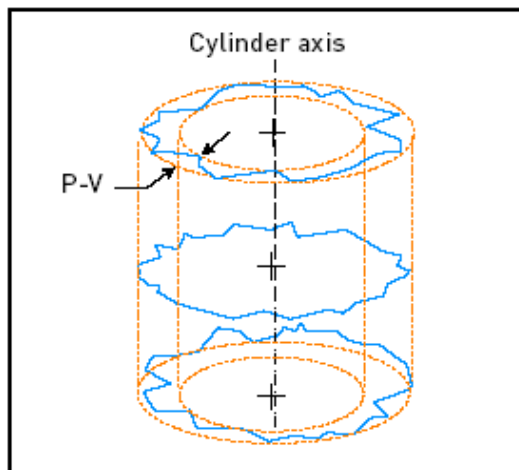
Perpendicolarità (SQR)*



Avendo definito un asse, il valore di perpendicolarità è lo scostamento minimo assiale dei due piani paralleli perpendicolari all'asse di Riferimento che contengono completamente il piano medio calcolato sul profilo misurato. Il Riferimento può essere calcolato ai Minimi Quadrati (LS) o a Zona Minima (MZ).

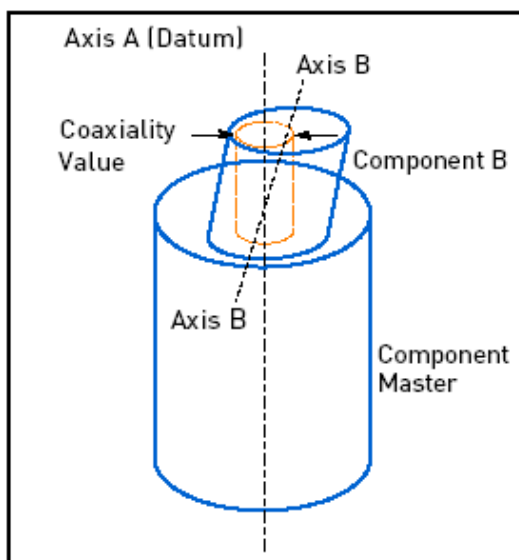
Guida alla misura della circolarità

Cilindricità (CYLt)



Utilizza due o più piani di circolarità per generare un cilindro; è la minima separazione radiale dei due cilindri coassiali all'asse di Riferimento che contengono completamente i profili misurati. Il Riferimento può essere calcolato ai Minimi Quadrati (LS), a Zona Minima (MZ), Massimo Inscritto (MI) o Minimo Circoscritto (MC).

Coassialità (COAX ISO/DIN)

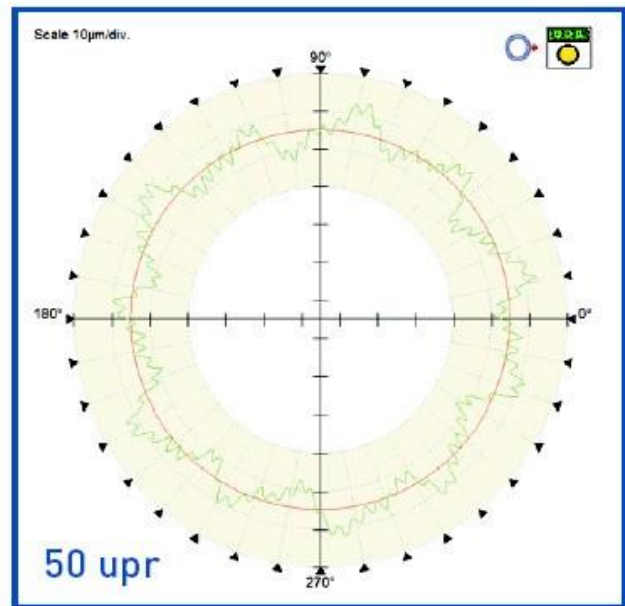
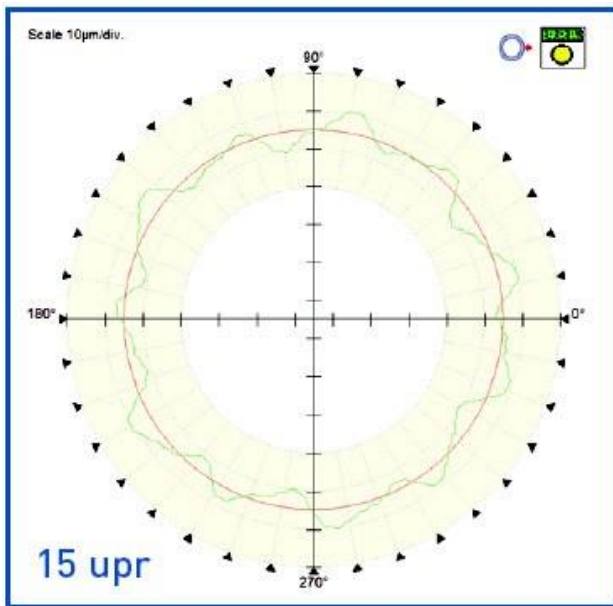


È il diametro di un cilindro coassiale con l'asse di Riferimento e che contiene l'asse del cilindro misurato per valutarne la coassialità.

Guida alla misura della circolarità

Filtri

Filtri e Loro Effetti



Le misure di Circolarità contengono sempre imperfezioni con differenti caratteristiche opr (ondulazioni per rivoluzione, in inglese UPR), come evidenziato nell'esempio riportato sopra. I filtri vengono utilizzati per isolare frequenze (opr) o campi di frequenze per permettere dettagliate analisi di effetti singolari di lavorazione e/o funzionamento del componente.

I Filtri possono essere utilizzati per rimuovere tutte le informazioni al di fuori di un determinato campo di frequenze. Abbassando il valore di OPR del filtro smorzereò maggiormente gli errori del profilo. La scelta del filtro è suggerita nella normativa (ISO 12181).

I filtri internazionalmente accettati sono 1-15 opr, 1-50 opr, 1-150 opr, 1-500 opr e 1-1500 opr.

I tipi di filtro possono essere Gaussiani (consigliato) o 2CR.

Utili riferimenti Normativi ISO per la Misura della Circolarità e della Geometria

ISO 1101:2004 Geometrical Tolerancing - Form, orientation, location and run-out

ISO 12180-1 & 2:2003 Cylindricity - Terms, definitions and parameters of cylindrical form

ISO 12181-1 & 2:2003 Roundness - Terms, definitions and parameters of roundness

ISO 12780-1 & 2:2003 Straightness - Terms, definitions and parameters of straightness

ISO 12781-1 & 2:2003 Flatness - Terms, definitions and parameters of flatness.