

Le misure si ottengono combinando le entità geometriche che modellano i profili del misurando rilevati sull'immagine (misure 2D)





- Punti, Linee, Archi, Curve
- Intersezioni, Distanze, Comparazioni

Il disegno tecnico indica il tipo di entità che deve essere applicato per la determinazione corretta della misura richiesta

- **Diametro 2D:** è la distanza, nella direzione ortogonale dell'asse pezzo, tra due segmenti paralleli (o due punti)
- **Lunghezza:** è la distanza tra due punti lungo la direzione dell'asse pezzo
- **Angolo:** è l'angolo tra due segmenti rilevati sul profilo del pezzo (o asse pezzo)
- **Raggio 2D:** raggio del cerchio che meglio si adatta al profilo del pezzo in una determinata posizione
- **Filetto:** sequenza di segmenti con angolazioni alternate
- **Smusso:** è una sequenza di tre segmenti consecutivi con angolazioni differenti
- **Intersezioni:** sono i punti di incrocio teorico tra due entità
- **Gage Position:** è la posizione lungo il pezzo in cui si trova un valore di diametro definito a disegno
- **Gage Ball Position:** è la posizione dove si appoggia, sul profilo del pezzo, una sfera (cerchio) di diametro noto
- **Errori di forma geometrica 2D:** sono gli errori di linearità, parallelismo, ortogonalità, simmetria delle entità reali identificate sul profilo del pezzo
- **Comparazione DXF:** è la valutazione della forma 2D di un profilo rispetto alla forma teorica desiderata

Le misure di forma calcolano l'errore dell'oggetto reale rispetto alla forma teorica desiderata (misure 2D^{1/2})

Il disegno tecnico indica il tipo di forma e il rispettivo errore massimo ammesso

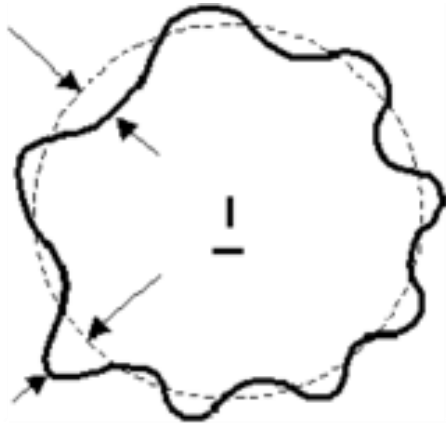
-  Circolarità: errore di forma circolare
-  Coassialità e Concentricità: errore di fuori asse o fuori centro
-  Runout (Oscillazione radiale o assiale, puntuale o totale): errore di oscillazione di una superficie
-  Cilindricità: errore di forma cilindrica

Gli stessi errori di forma possono essere misurati «semplicemente» anche su forme particolari

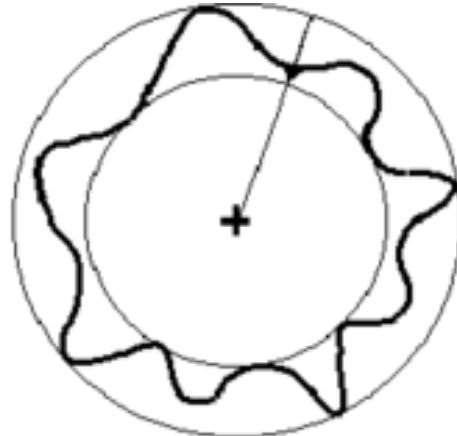
- Superfici interrotte: concetto di Notch
- Superfici tornite: concetto di rugosità
- Superfici filettate: concetto di cresta-fianco-gola

Metodi per la determinazione del centro di una forma circolare

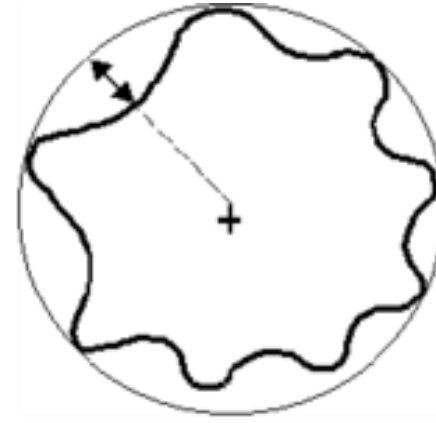
- **LSC (Least Square Circle):** è il metodo dei minimi quadrati. L'area esterna sottesa tra profilo e cerchio deve essere pari all'area interna sottesa tra profilo e cerchio
- **MCC (Minimum Circumscribed Circle):** definisce il cerchio più PICCOLO possibile che contiene l'intero profilo dell'oggetto.
- **MIC (Maximum Inscribed Circle):** definisce il cerchio più GRANDE possibile che è contenuto all'interno dell'intero profilo dell'oggetto
- **MZC (Minimum Zone Circle):** definisce una corona circolare, descritta da due cerchi CONCENTRICI, all'interno della quale è contenuto l'intero profilo dell'oggetto.



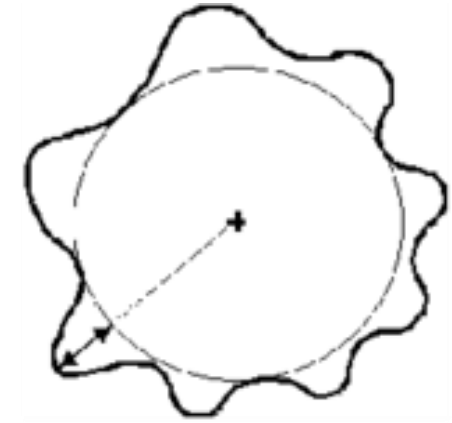
LS algorithm



MZ algorithm



MC algorithm



MI algorithm

Teorema di Fourier: qualunque funzione periodica di periodo, continua e limitata, può essere rappresentata mediante una somma di funzioni sinusoidali pure di opportuna ampiezza e di frequenza multipla della frequenza fondamentale

L'andamento del profilo di un oggetto circolare, riportato su asse cartesiano, può essere considerato come una funzione a cui è possibile applicare il teorema di Fourier:

- Periodica: si ripete ogni 360°
- Continua e limitata: rappresenta l'andamento circolare di un pezzo reale

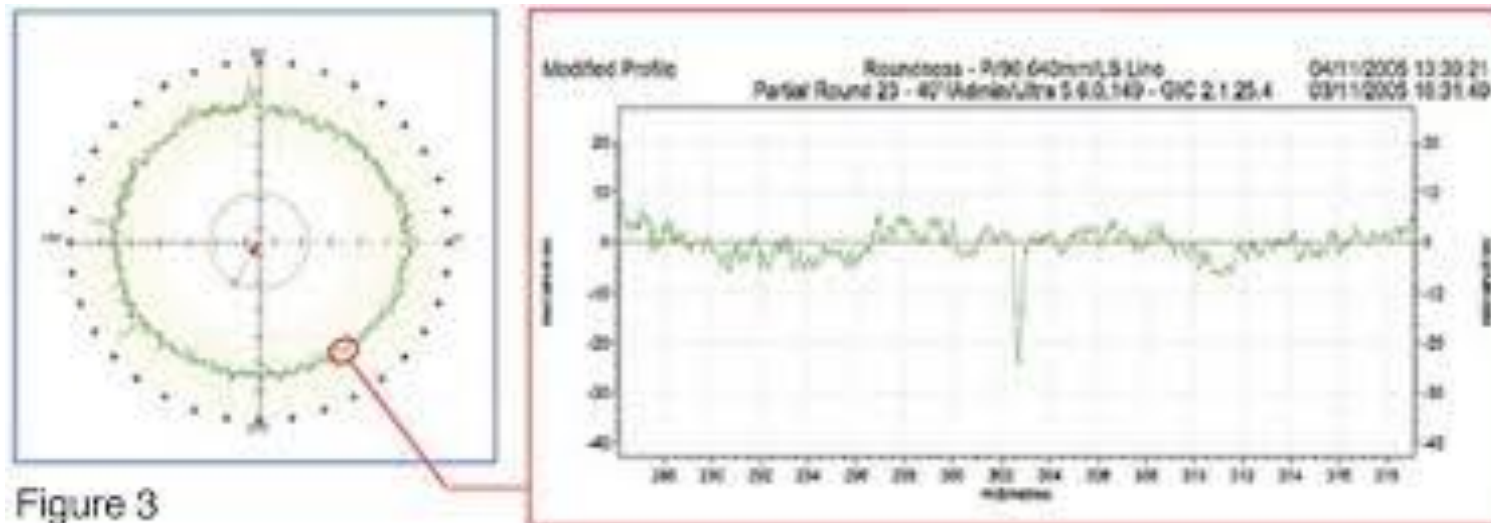


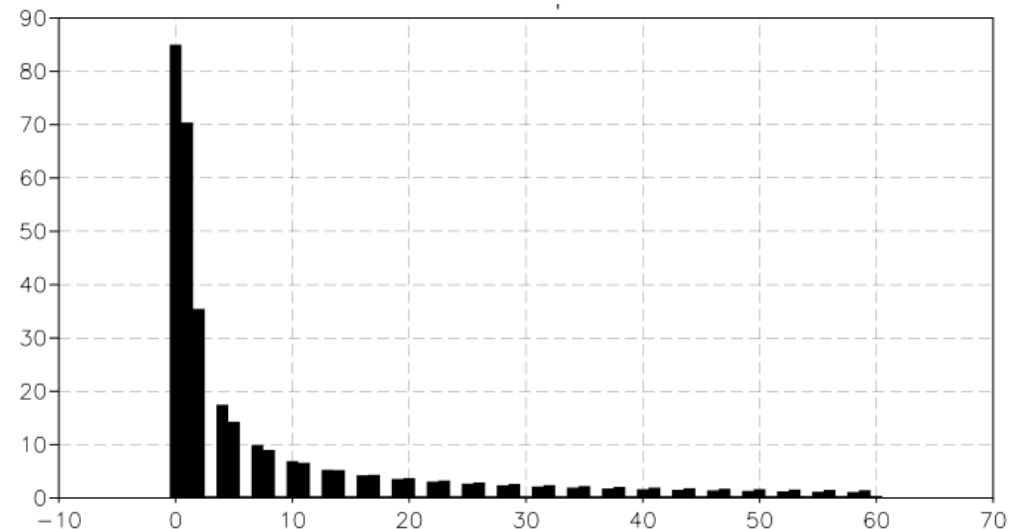
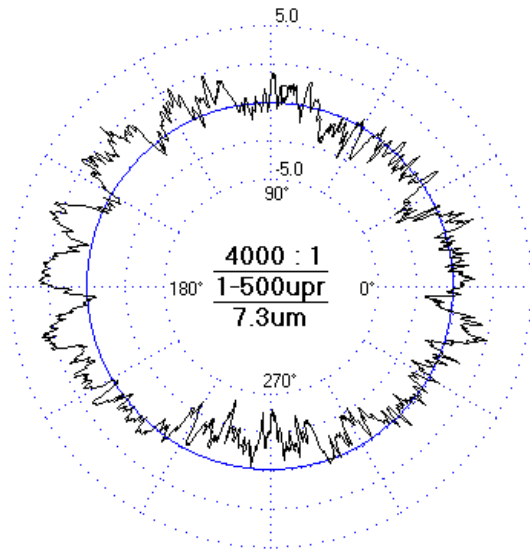
Figure 3

La scomposizione in frequenze permette di filtrare le armoniche non desiderate ai fini del calcolo. In metrologia si utilizza la seguente formattazione per la definizione dei filtri:

- filtro N-M: N ed M identificano il numero di ripetizioni (ondulazioni) riportate in un periodo ($360^\circ = 1$ giro)
 - N: identifica la prima armonica da considerare ai fini del calcolo (componente filtro passa-alto)
 - M: identifica l'ultima armonica da considerare ai fini del calcolo (componente filtro passa-basso)

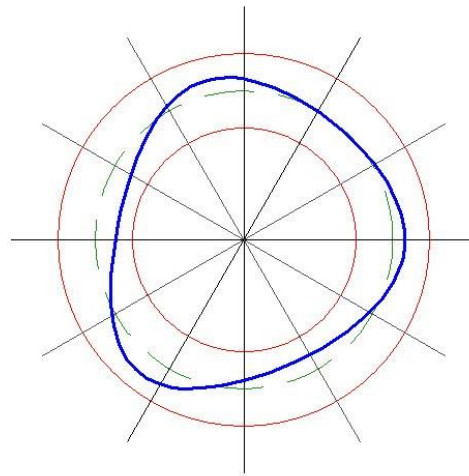
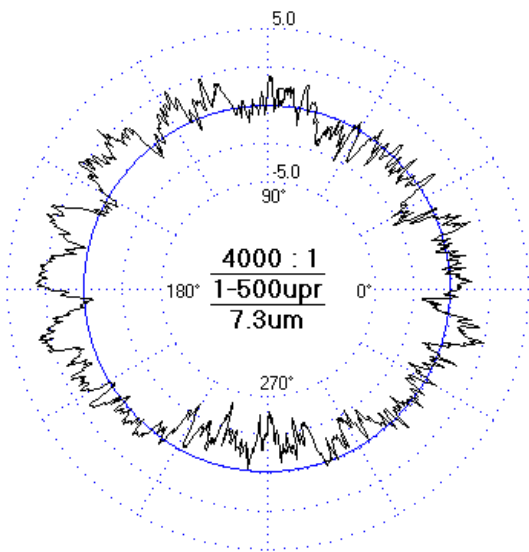
Esempi più comuni:

1-15 , 1-50 , 1-150 , 1-500 , 1-1500 , 15-500 , 15-1500

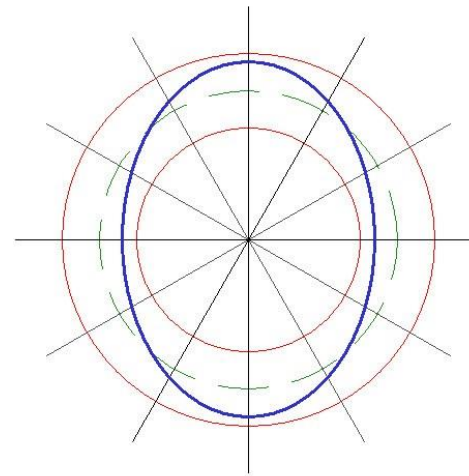


Ogni armonica identifica uno specifico errore di forma dell'oggetto

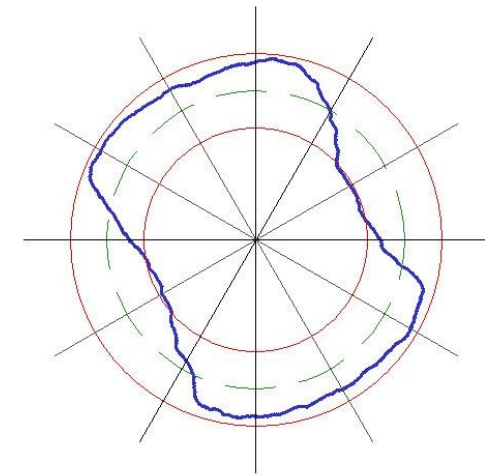
- 1 : oscillazione del pezzo all'interno dello strumento di misura
- 2 : geometria ellittica dell'oggetto
- 3-5 : geometria dell'oggetto (le più comuni: trilobata e pentalobate)
- 5-15 : geometrie varie dell'oggetto
- >15 : vibrazioni superficiale dovute a vibrazioni in fase di lavorazione



Lobular



Oval



Rectangular

L'impostazione dei parametri di NOTCH permette la rimozione dagli algoritmi di calcolo di alcune porzioni del profilo.








- **Notch di angolo:** permette la rimozione di una porzione angolare del profilo
 - Chiavette, fori, lobi
- **Notch di passo:** permette una ripetizione di un notch di angolo con un passo definito sui 360°
 - Dadi, poligoni, o interruzioni a passo regolare
- **Notch di livello:** permette una rimozione di picchi e valli superiori ad una soglia preimpostata
 - Interruzioni a passo irregolare
- **Notch Min/Max:** permette la determinazione automatica di minimi/massimi relativi permettendo una rimozione automatica di tutti i punti fuori da questa regione
 - Ruote dentate, turbine, interruzioni in generale



MISURE DI FORMA GEOMETRICA

Le misure di forma geometrica calcolano l'errore dell'oggetto reale rispetto alla forma teorica desiderata (misure 2D e 3D)

Il disegno tecnico indica il tipo di forma e il rispettivo errore massimo ammesso

-  Linearità: errore di forma lineare
-  Planarità: errore di forma piana
-  Ortogonalità: errore di perpendicolarità tra due superfici (o linee)
-  Parallelismo: errore di parallelismo tra due superfici (o linee)
-  Simmetria: errore di centraggio tra due superfici (o linee)
-  Localizzazione: errore di posizione di un punto
-  Comparazione di profilo: errore di forma di una linea qualunque

COMPARAZIONE DI PROFILO

La comparazione avviene tra un profilo teorico (formato DXF) ed il profilo reale rilevato sul pezzo

- Riferimento di posizionamento: PUNTO
- Riferimento di orientamento: 2°PUNTO o una LINEA
- Operazione di confronto tra i punti rilevati sul profilo e le entità teoriche presenti nel DXF

Metodi di calcolo

- Semplice match: il confronto viene eseguito «semplicemente» allineando il profilo teorico su quello reale in funzione dei due riferimenti
- Best Fit: viene determinata la condizione di miglior match, cambiando, entro un certo range di posizione ed angolo, la posizione relativa tra profilo teorico e profilo reale

Algoritmi di validazione

- Scostamento medio dal profilo
- Peggior distanza dal DXF (tolleranze simmetriche)
- Peggior distanza dalla tolleranza (tolleranze asimmetriche)