

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica, Curriculum industriale

Macchina di misura a coordinate: la metodologia del controllo qualità

Tutor universitario: Prof. Simonetto Enrico

Laureando: *Rossi Filippo, 1201665*

Padova, 25/02/2026

Sotech Engineering SRL

Via del Lavoro, 20/2, Cazzago di Pianiga (VE)
info@sotech.it

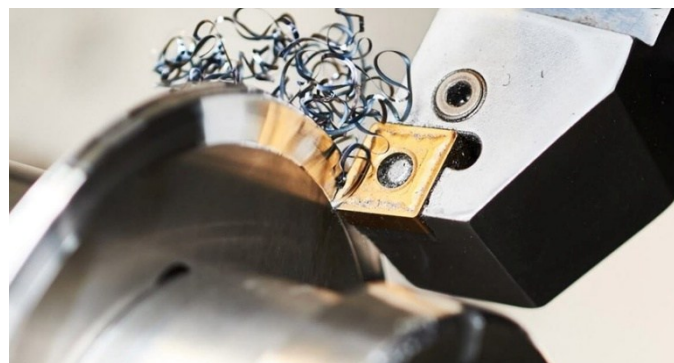
- Azienda che dal 1998 si occupa della produzione di componenti metallici e plastici ad alta precisione;
- Specializzata nelle lavorazioni mediante asportazione di truciolo, offrendo un servizio completo al cliente che va dalla progettazione al controllo qualità, secondo il rispetto della normativa ISO 9001:2015



SoTech
ENGINEERING



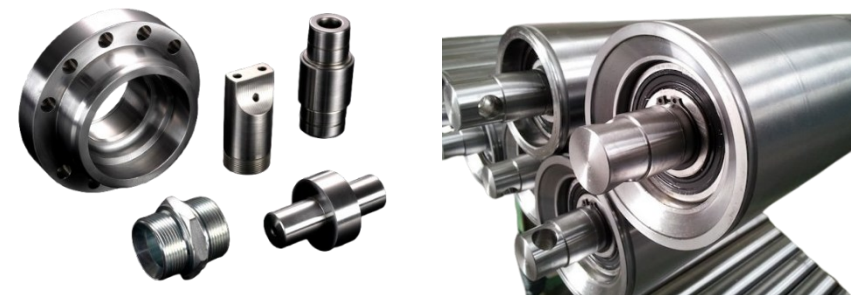
www.dii.unipd.it



Chi si rivolge a Sotech Engineering SRL?

Privati, aziende o chiunque abbia bisogno di realizzare componentistica meccanica industriale con tolleranze dimensionali dell'ordine del centesimo di millimetro.

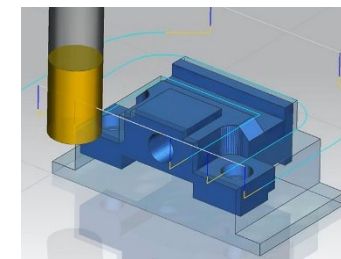
Esempi di prodotti: rulli industriali, flange, cuscinetti, guide, stampi industriali ecc.



Come avviene il processo di produzione?

L'intero processo si basa su 3 fasi:

1. *Progettazione:* l'ufficio tecnico, tramite modelli 3D, si occupa di creare il percorso di lavorazione più adatto per la creazione del prodotto;
2. *Lavorazione:* si seguono le direttive dell'ufficio tecnico e si effettuano le lavorazioni richieste mediante macchinari a controllo numerico: in particolare *fresatura e tornitura*;
3. *Controllo qualità:* in funzione del grado di tolleranza richiesto, si effettuano le verifiche dimensionali tramite i classici strumenti analogici/digitali o mediante la macchina di misura a coordinate (CMM).



«simulazione processo di
fresatura»



«TIGO SF: macchina di
misura a coordinate»

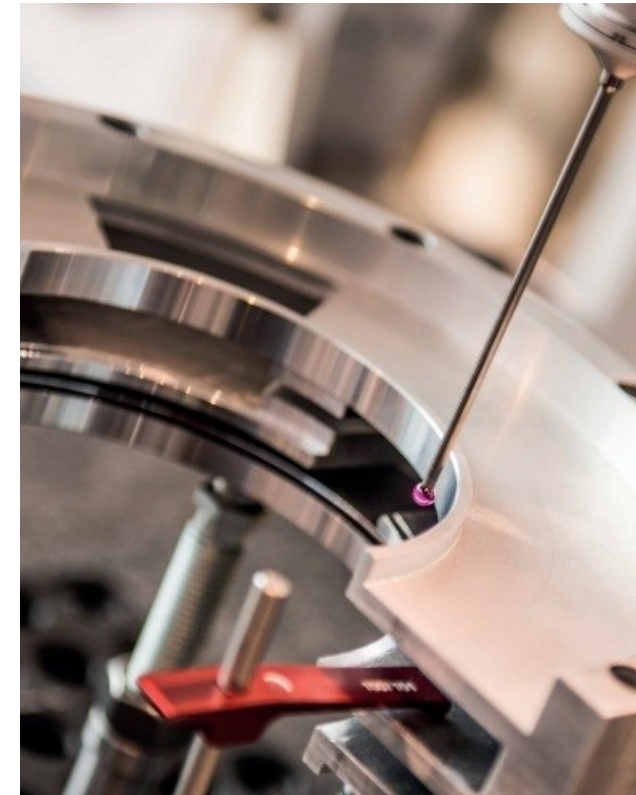


«Macchina a controllo
numerico per fresatura»

Lo svolgimento del tirocinio si è concentrato sulla fase del controllo qualità, in particolar modo nell'utilizzo della macchina di misure a coordinate TIGO SF, prodotta dall'azienda HEXAGON.

Obiettivi principali del tirocinio:

- Allestimento e messa in moto della CMM: dall'arrivo in azienda al suo primo utilizzo;
- Analisi del processo di misurazione: comprensione delle richieste e sviluppo di una metodologia adatta al processo, con esempi e criticità;
- Standardizzazione del processo: la possibilità di creare un sistema unico a seconda delle tipologie di prodotti;
- Valutazione dell'efficienza ed efficacia della fase di controllo qualità: analisi dei vantaggi e degli svantaggi riguardanti l'utilizzo della macchina all'interno di un processo industriale.



Misurazione → si intende l'insieme delle operazioni che ha lo scopo di determinare il valore di una grandezza, mediante appositi strumenti di misurazione. Tale valore prende il nome di *misura*, la quale corrisponde ad una informazione costituita da un *numero* (N), un'*incertezza* (I) e un'*unità di misura* [$u.m.$] concorde ad un determinato stato del sistema.

Errore → nel campo della metrologia tradizionale si intende la differenza tra il valore vero del parametro e il valore misurato. Non essendo mai noto il valore vero, la valutazione dell'errore ad esso corrispondente non può essere determinata, ma verrà sostituita dal concetto di stima dell'errore probabile.

Incertezza → Identifica la stima dell'errore probabile e corrisponde all'intorno limitato di valori entro il quale ci si aspetta la presenza del valore misurato. L'*incertezza* (I) viene identificata mediante l'analisi dell'incertezza, studio che si divide in una prima fase di valutazione (nella quale si valutano e si pesano tutti i fattori che possono incidere nel risultato finale della misurazione) e nella fase di assegnazione. Si definisce grado di *confidenza* (p) la bontà della stima effettuata.

$$MISURA = N \pm I [u. m.] (p\%)$$

Tolleranza → La *tolleranza* di una misurazione è legata alle specifiche del progetto e va ad indicare il massimo scostamento S fra il valore nominale L del parametro ed il valore effettivo misurato L_e .

$$(L - S) \leq L_e \pm I \leq (L + S)$$

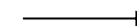
Ripetibilità → si intende il grado di concordanza tra i risultati di successive misurazioni dello stesso misurando avvenute rispettando le seguenti condizioni: stesso metodo di lavoro, stesso osservatore, stesso strumento di misurazione, stesso luogo e condizioni di utilizzo, ripetute entro un breve periodo.

Riproducibilità → si intende il grado di concordanza tra i risultati di misurazioni dello stesso misurando condotte variando le condizioni di lavoro sopra elencate.



L'allestimento comprendeva:

- Creazione e ampliamento di una sala metrologica apposita
- Messa a terra della macchina
- Fase di taratura e calibrazione

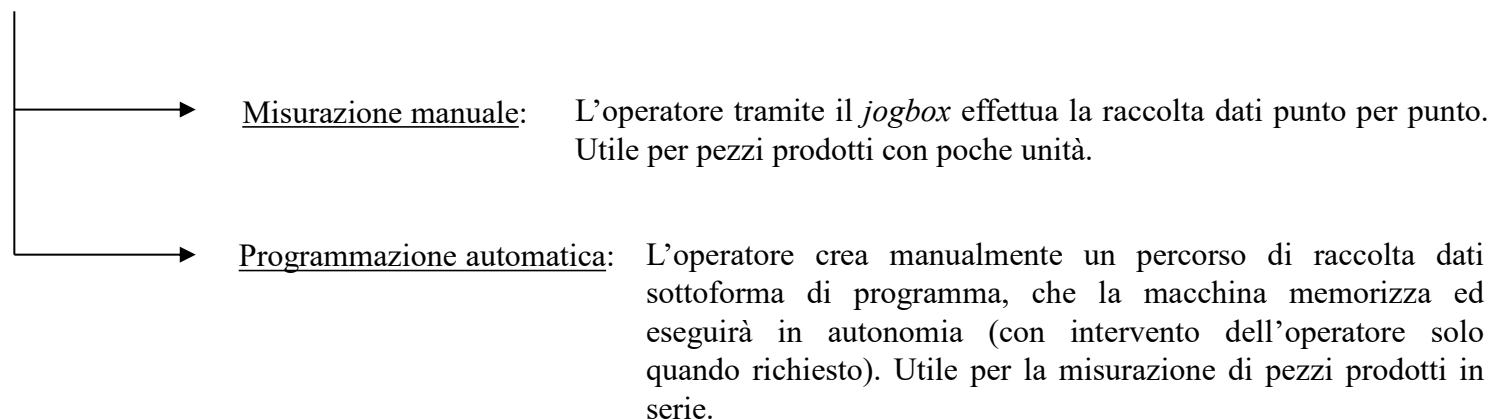


*Eseguita da tecnico
Hexagon
specializzato*

TIGO SF lavora con una specifica di accuratezza di $2,2 \mu\text{m} + L/300$.

L'oggetto da valutare sarà posizionato sul piano in marmo, base del volume di misurazione all'interno della quale l'operatore muoverà i vari tastatori (accuratamente calibrati e tarati) ai fini di effettuare la raccolta di punti destinati alla determinazione della misura.

Tramite il software PC-Dmis collegato alla macchina, si possono caricare i modelli CAD degli oggetti da analizzare e strutturare su di essi il percorso utensile e la raccolta dei punti.

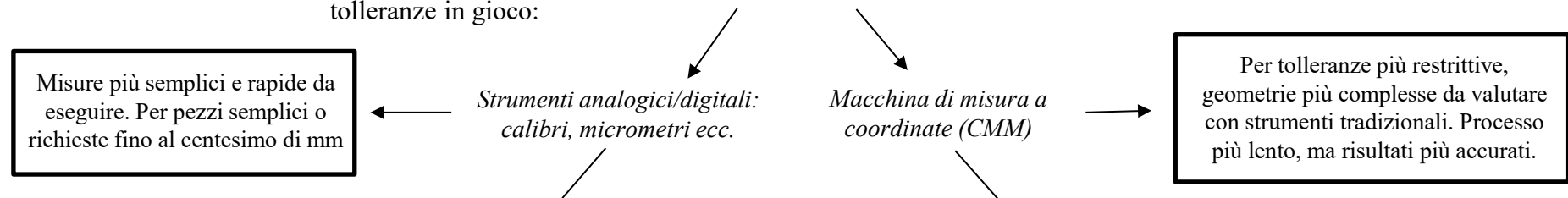


Lo scopo del controllo qualità è verificare che il prodotto lavorato rispetti le indicazioni del cliente, i requisiti strutturali e superficiali definiti da progetto. Tali requisiti varieranno per ogni tipologia di prodotto, di conseguenza ne varierà la modalità di verifica.

Il processo di misurazione si può standardizzare in 3 punti principali:

1) Analisi del pezzo e delle richieste progettuali:

Questa prima fase è fondamentale ai fini dell'intero processo.
Si valutano le geometrie, parametri che richiedano un controllo più accurato e il livello di tolleranze in gioco:



2) Preparazione del pezzo:

Il prodotto viene pulito e in funzione alla scelta dello strumento di misurazione viene preparato per il punto successivo.

lo si posiziona sfruttando blocchetti di supporto o appoggiando il pezzo su una superficie piana a seconda della tipologia e del parametro da misurare;

L'operatore effettua un allestimento all'interno dello spazio macchina; il pezzo, entrando a contatto con tastatori (possibilità di collisioni), deve essere fissato sul piano utilizzando strumenti appositi (*HEXAGON*) o adattandosi agli strumenti a disposizione (morse, magneti, aste bullonate ecc.)

3) Raccolta misurazione e risultati:

Si esegue la raccolta delle misurazioni richieste e si confrontano con le richieste progettuali.

Nel contesto industriale, bisogna valutare l'efficienza della macchina come parte integrante del processo di produzione.

NB: Tutte le valutazioni ed analisi osservate sono state eseguite dal sottoscritto alla prima esperienza nell'ambito metrologico. L'attività è stata svolta in autonomia operativa, senza supervisione diretta specialistica.

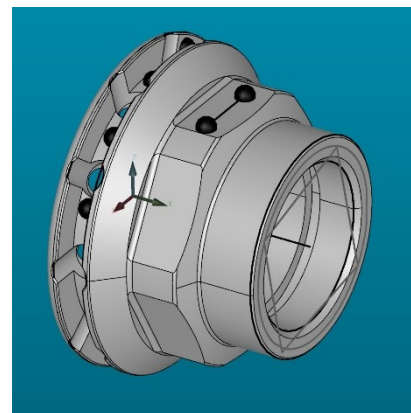
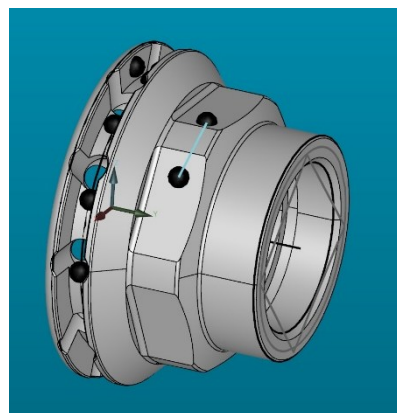
I problemi più comuni riscontrati durante l'esperienza sono legati alla fase di *analisi e preparazione*.

→	<u>Geometria:</u>	A seconda della forma del pezzo c'è la possibilità di effettuare allestimenti diversi. L'obiettivo rimane poter permettere la misurazione dei parametri che richiedano una verifica delle tolleranze, senza spostare l'oggetto una volta fissato nel piano.
→	<u>Tipologia di prodotti:</u>	La grande variabilità dei prodotti comporta un costante cambiamento delle tecniche di preparazione alla misurazione. Si cerca di adattare lo stesso procedimento a tutti gli oggetti.
→	<u>Allineamento:</u>	Precede la fase di misurazione: consente di identificare e fissare l'oggetto all'interno del volume di misurazione della macchina. Si cerca con una raccolta di pochi punti di far combaciare la terna dell'oggetto fisico con quella visualizzata dalla macchina.

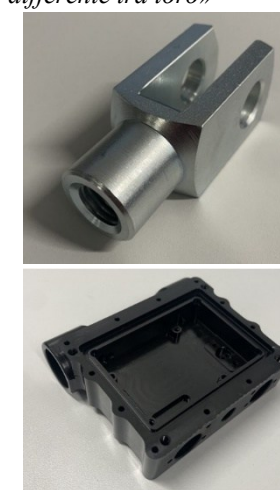
«Allestimento»



«Allineamento»



«tipologia di pezzi molto differente tra loro»



Geometrie differenti richiedono soluzioni differenti.

Basandosi sull'esperienza documentata si sono adottati alcuni accorgimenti per trovare il compromesso tra un utilizzo efficace della macchina e la verifica delle richieste progettuali.

- **Selezione degli oggetti da valutare**
 - CMM utilizzata prettamente per oggetti che richiedono tolleranze nell'ordine del μm .
 - Oggetti che presentano superfici piane o di forma squadrata verranno allestite mediante una morsa e se necessario aggiungendo dei supporti.
 - Oggetti a sezione circolare o piani verranno allestiti mediante magneti (es: dischi, flange) o mediante blocchetti metallici (es. tubi o rulli) permettendo la misurazione intorno alla circonferenza d'interesse o lungo il piano.
- **Quantità degli oggetti**
 - L'utilizzo della macchina sarà preferito con un elevato numero di oggetti identici (produzione in serie) da valutare: si sfruttano pienamente le potenzialità della macchina utilizzando la programmazione automatica.
 - Per poche quantità si raccolgono manualmente le misurazioni quando possibile.
- **Focalizzazione sul singolo parametro da valutare**
 - L'operatore si limita a mettere al centro dell'intera valutazione il solo parametro (o parametri) da verificare. Si evitano perdite di tempo, verifiche non richieste e si effettua l'allestimento con il solo fine di favorire l'esecuzione di tale controllo e non l'analisi completa del pezzo



La CMM utilizzata durante l'esperienza di tirocinio rappresenta una soluzione molto efficace al fine di ottenere una valutazione metrologica molto accurata, qualora accompagnata da un operatore che abbia sviluppato sufficienti conoscenze ed esperienze sul campo.

OTTICA AZIENDALE:

- Dal punto di vista aziendale analizzato l'utilizzo della macchina, nella maggior parte dei casi, è risultato non necessario. Risulta essere un'ottima risorsa qualora le richieste dimensionali siano ristrette o richiedano una certificazione del controllo mediante CMM.
- Con tolleranze dell'ordine del $0,01 \div 0,1$ mm, dal punto di vista dell'analisi dell'intero processo produttivo l'utilizzo della macchina comporta un rallentamento dal punto di vista tempistico rispetto alle verifiche effettuate mediante classici strumenti analogici/digitali.

TIROCINANTE:

«Dal punto di vista personale, l'utilizzo di una macchina di misure a coordinate si può considerare un'esperienza interessante ed introduttiva al mondo della metrologia industriale. Ha permesso di sviluppare un senso critico e una metodologia di ragionamento incentrata sull'efficienza della raccolta di una misura, rispettando i requisiti progettuali imposti.»