MUSP

Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

Laboratorio per l'innovazione

Servizi per migliorare la produttività

Laboratorio MUSP

www.musp.it

MUSP

Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

ITIA

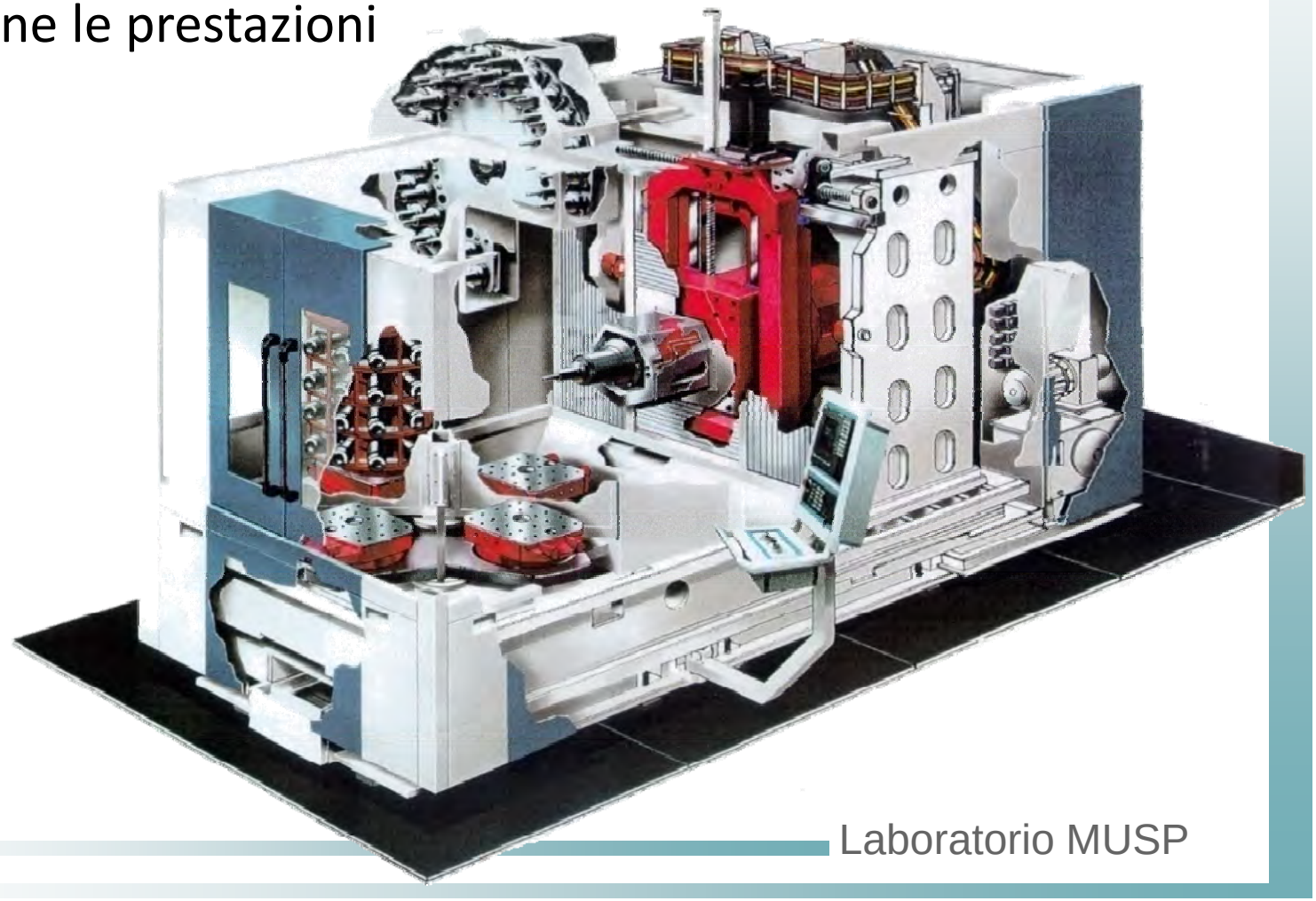
Laboratorio per l'innovazione

Checkup delle condizioni di lavorazione in fresatura e tornitura

Laboratorio MUSP

www.musp.it

É un sistema complesso...
Differenti componenti interagiscono tra loro determinandone le prestazioni globali...



Alcune importanti specifiche ...

Partendo dalla realizzazione di tipologie di pezzi differenti...

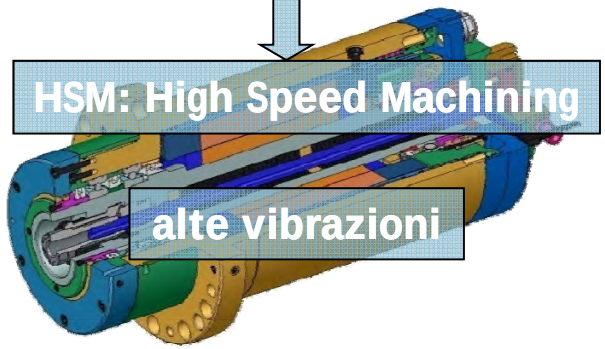
Componenti dalla geometria complessa

Necessità di realizzare traiettorie complesse con alte velocità e precisione (tracking requirements)

Componenti realizzati scavando dal pieno

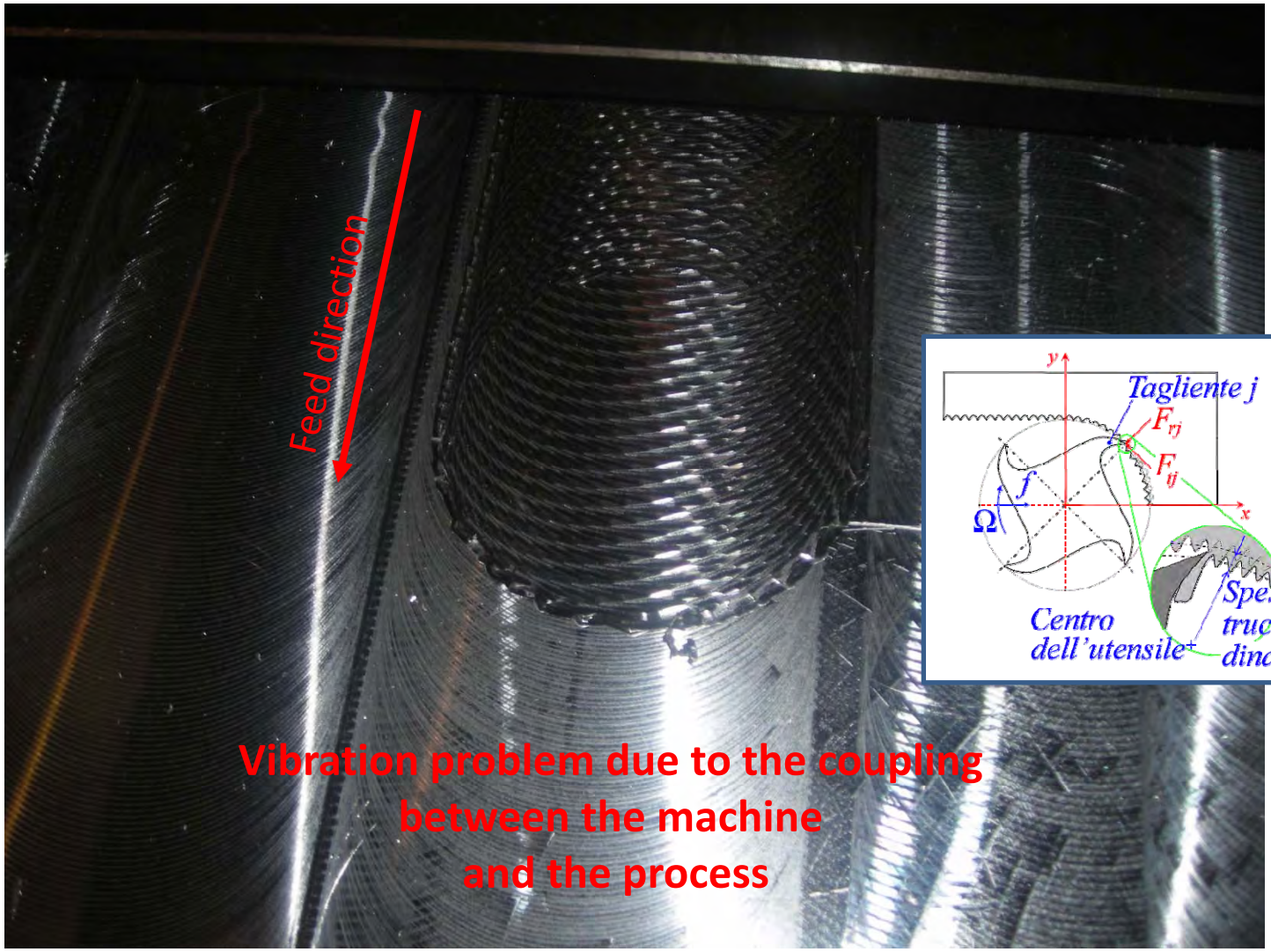
"Massimizzazione del Material Removal Rate MRR"

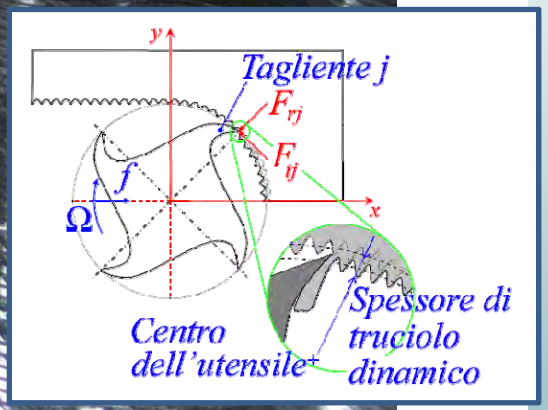
HSM: High Speed Machining



alte vibrazioni

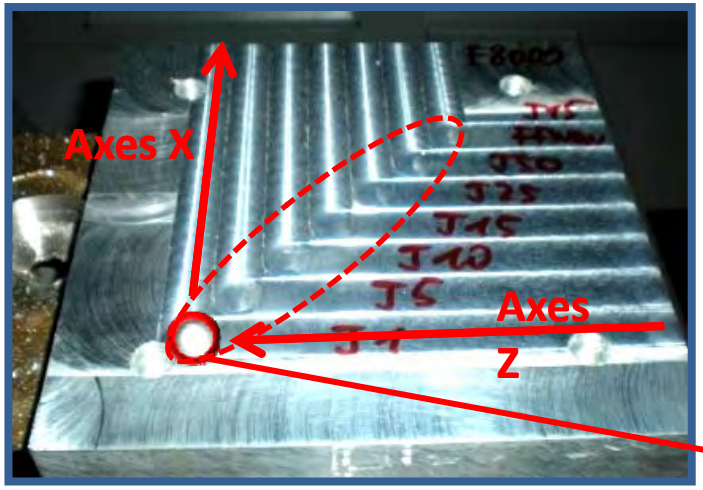
Le macchine utensili non sono sistemi ideali..

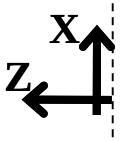


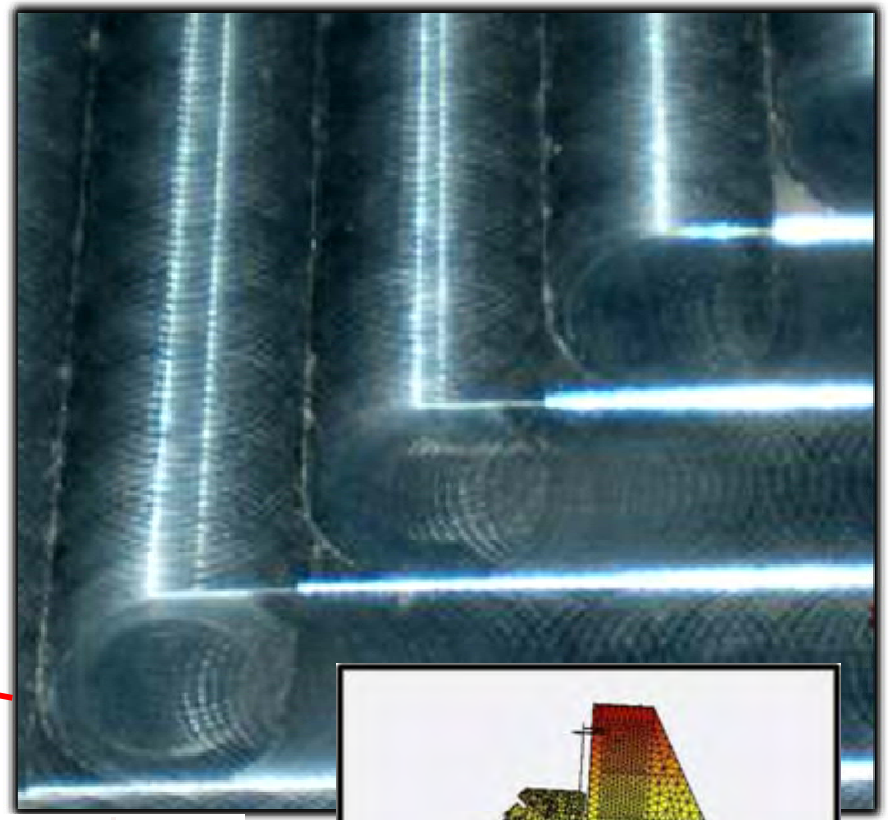


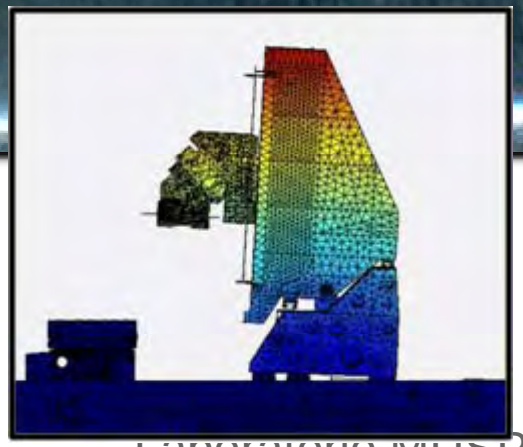
DEFORMAZIONI STRUTTURALI

Milling example

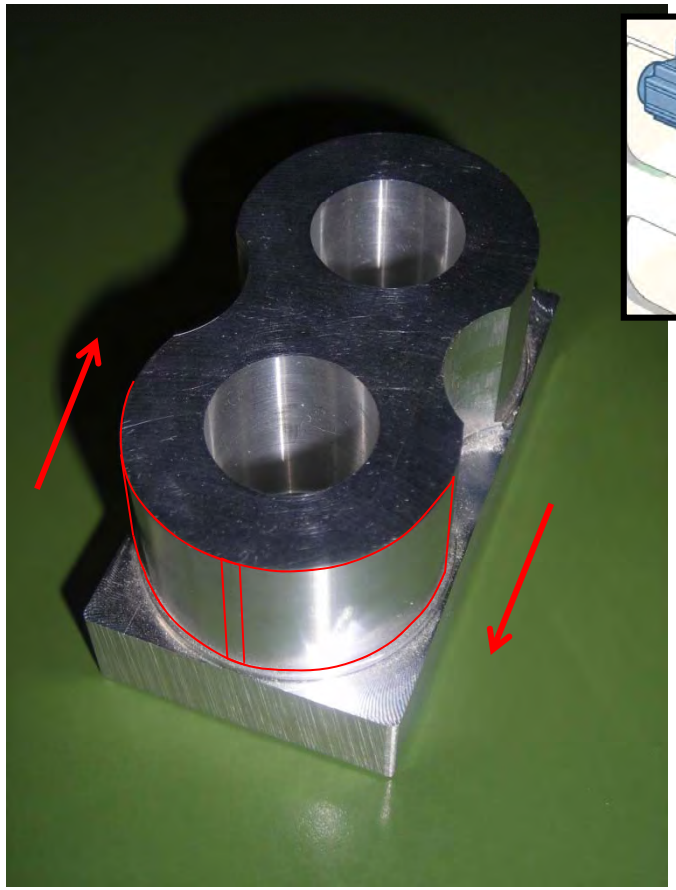


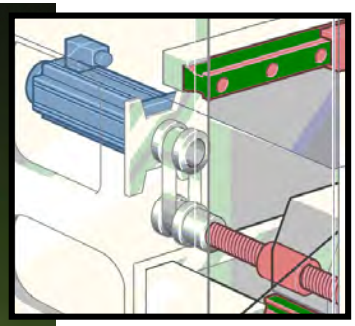


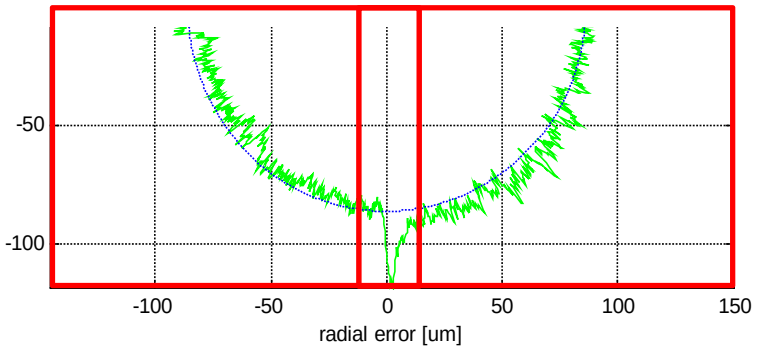




- Contornatura: problemi di inversione assi

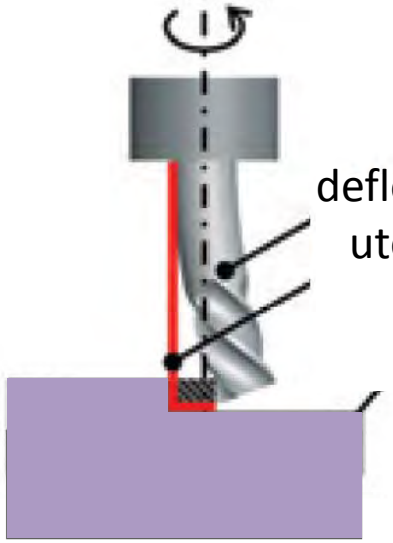






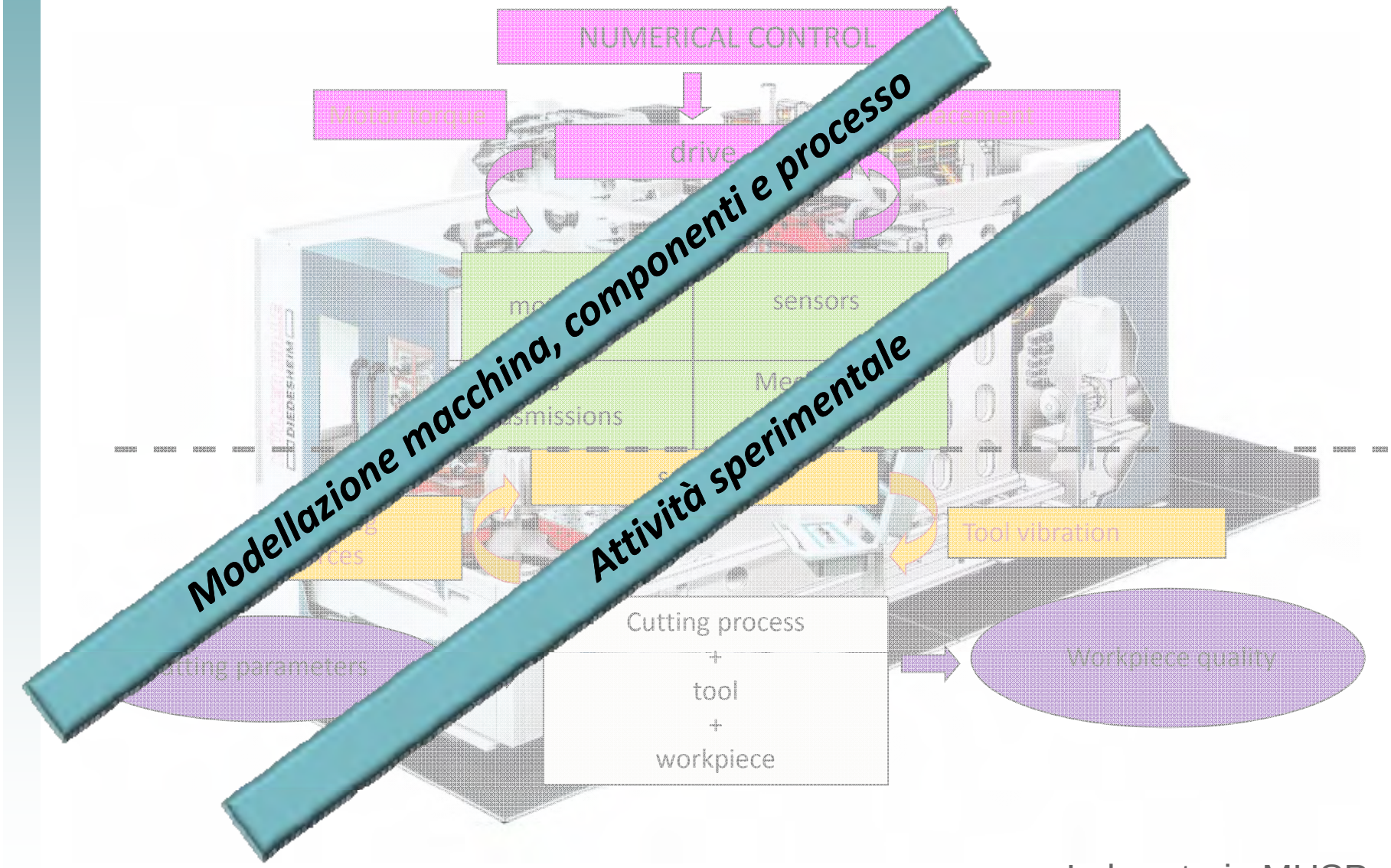
Le macchine utensili non sono sistemi ideali..

Deformazione quasi-statica utensile



Anche il pezzo in realtà non è ideale

Come si può migliorare la performance di una macchina utensile?



MUSP fornisce una risposta all'incremento delle performance del sistema macchina utensile proponendo:

- Soluzioni basate su forte contenuto innovativo
  - Progettazioni ottimale di componenti
  - Compensazione attiva deformazioni strutturali
  - Riduzione vibrazioni
  - Utilizzo materiali innovativo

- Supporto alle aziende nel mettere a punto e nel comprendere/migliorare l'utilizzo delle proprie macchine→check up macchine utensili (servizi alle aziende)

Perché il checkup

I parametri di taglio sono spesso definiti da software CAM ed "aggiustati" dagli operatori.

I CAM, molto spesso, eseguono un'ottimizzazione che non contempla la dinamica del processo.

Il checkup permette di:

- ***evitare*** l'insorgere di ***vibrazioni***
- ***ottimizzare*** i parametri di lavoro
- ***aumentare l'affidabilità*** della lavorazione
- **diagnosticare eventuali problemi** legati a macchina, utensile, pezzo, attrezzaggi

Esempio di applicazione

Caratteristiche fresa

- Fresa integrale Ø10 mm - 2 taglienti - acciaio HSS

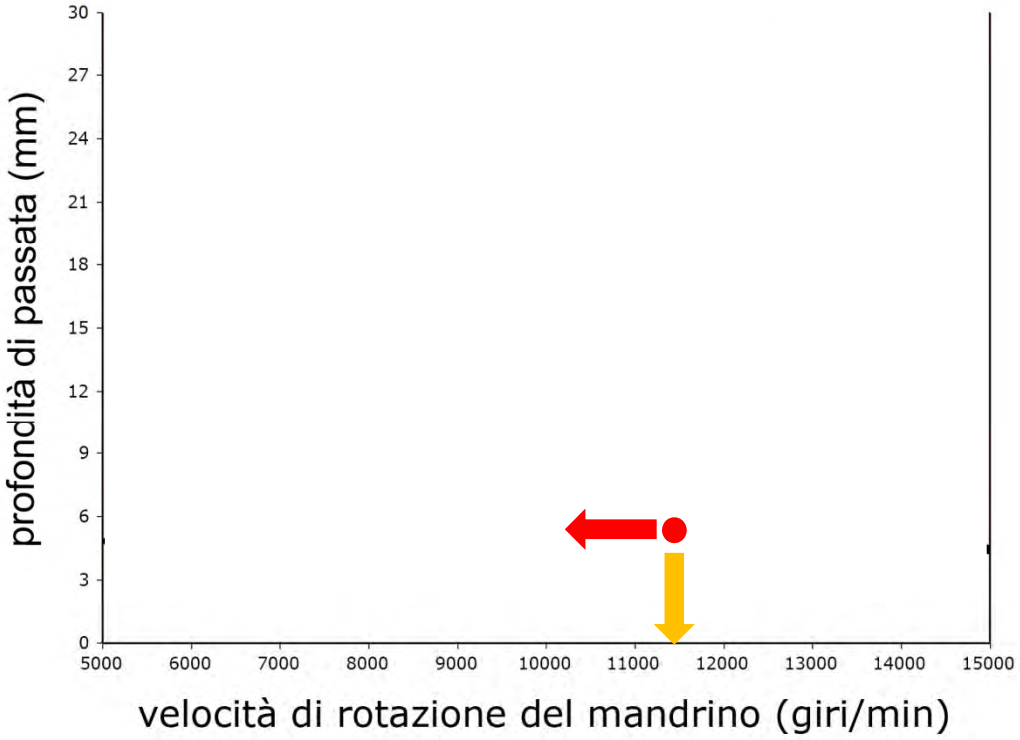
Materiale lavorato

- Lega d'alluminio 7003

Parametri di lavorazione iniziali

- Slot milling
- Avanzamento al dente: 0,1 mm/dente
- Velocità di rotazione mandrino: 11500 giri/min
- Profondità di passata: 5 mm

Esempio di applicazione



Le condizioni operative scelte (11500 giri/min e 5 mm) comportano:

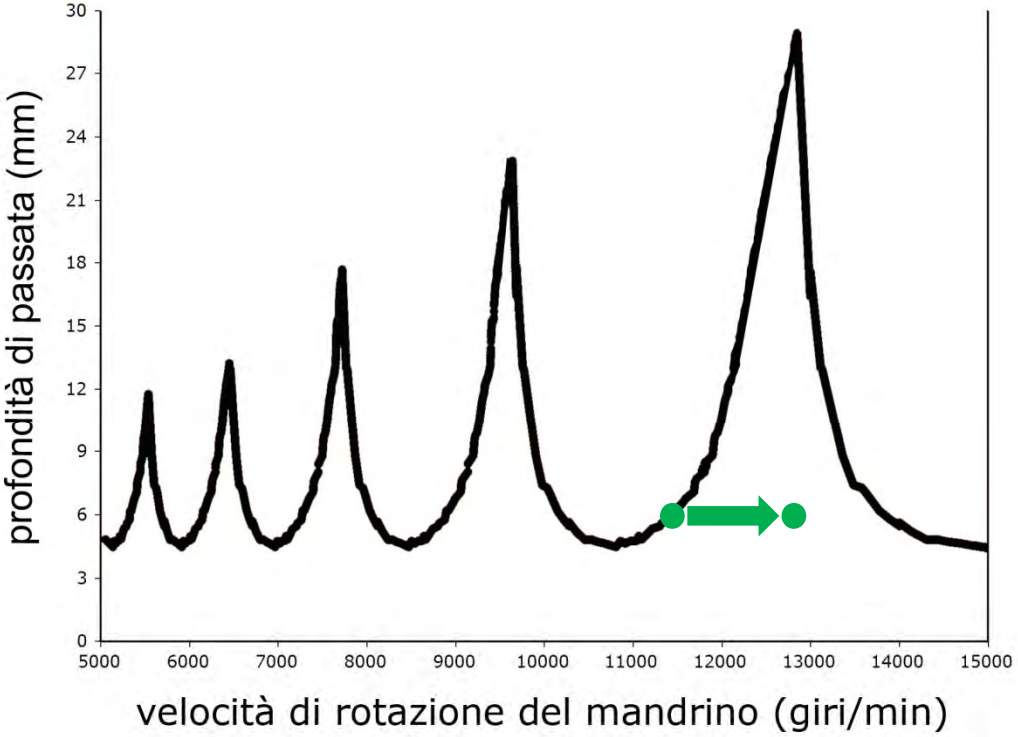
- eccessiva usura dell'utensile (rottura prematura)
- eccessiva rumorosità

Da un'analisi più accurata, la lavorazione risulta a cavallo del limite di stabilità

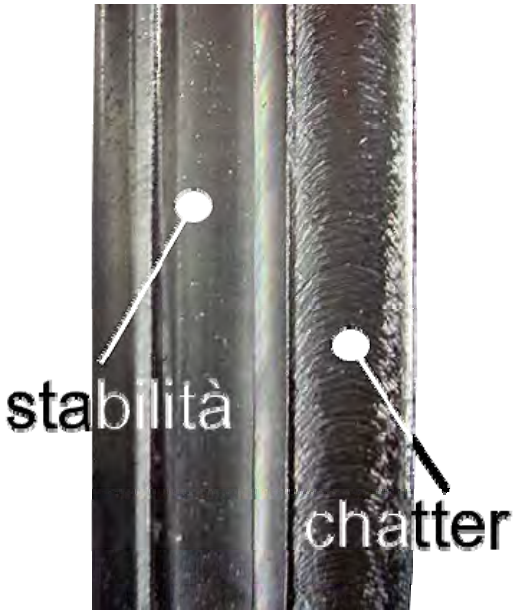
La pratica consiglia di

- *Ridurre il numero di giri* **Incremento delle vibrazioni**
- *Ridurre la profondità di passata* **Perdita di produttività**

Esempio di applicazione



RISPARMIO DI TEMPO SUPERIORE ALL'11%



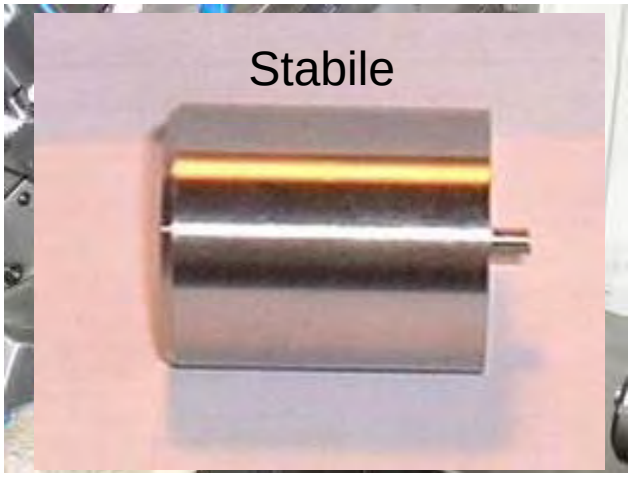
Tale diagramma mostra come sia possibile migliorare le condizioni di lavorazione:

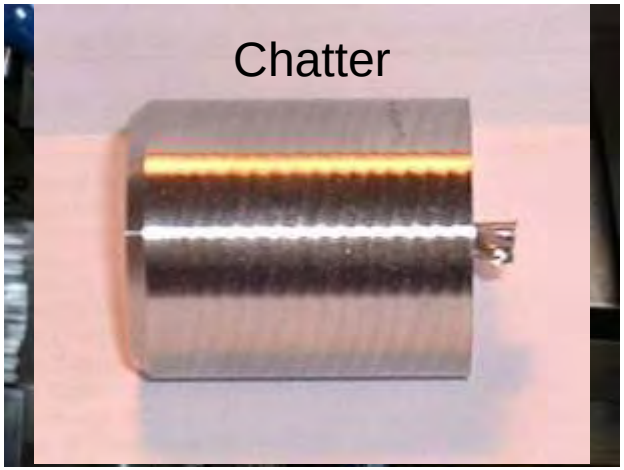
Aumentando la velocità di rotazione del mandrino

Il principio vale anche per operazioni di tornitura.

Con opportune misure è possibile prevedere quale sia il limite di stabilità della lavorazione discriminando:

- Lavorazioni stabili (vibrazioni di intensità contenuta)
- Lavorazioni instabili (vibrazioni auto-eccitate)





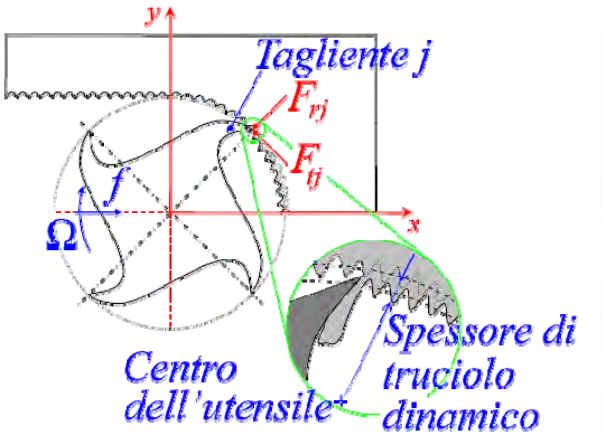
Cos'è il chatter

Il fenomeno vibrazionale appena osservato prende il nome di ***chatter***

è una vibrazione relativa auto-eccitata che incorre tra utensile e pezzo in lavorazione

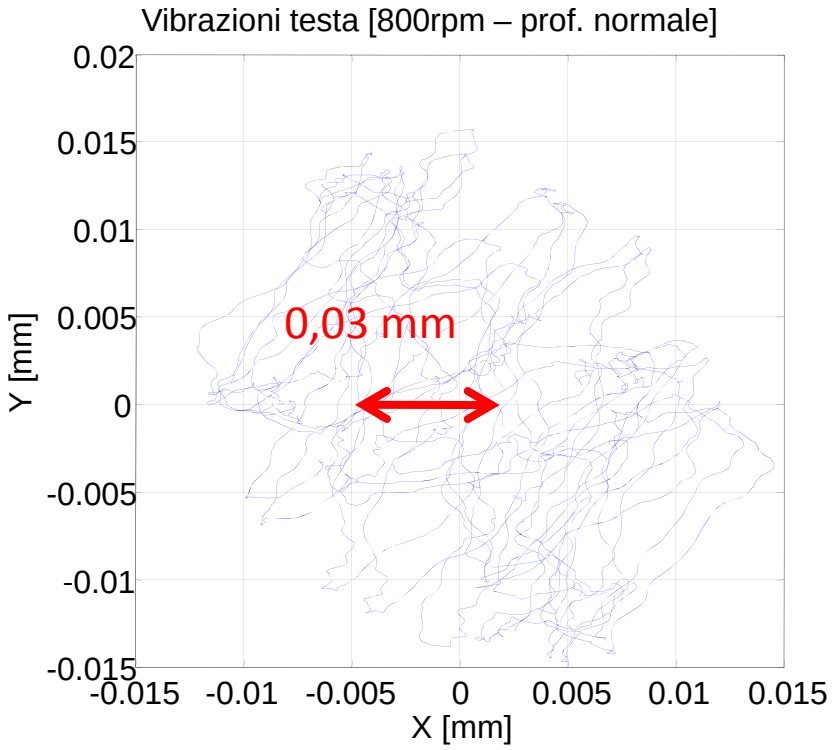
In breve:

- Le forze di taglio variano durante la lavorazione
- Per effetto della cedevolezza della macchina utensile si hanno vibrazioni tra utensile e pezzo
- In casi particolarmente sfortunati queste vibrazioni si auto-eccitano raggiungendo livelli non accettabili

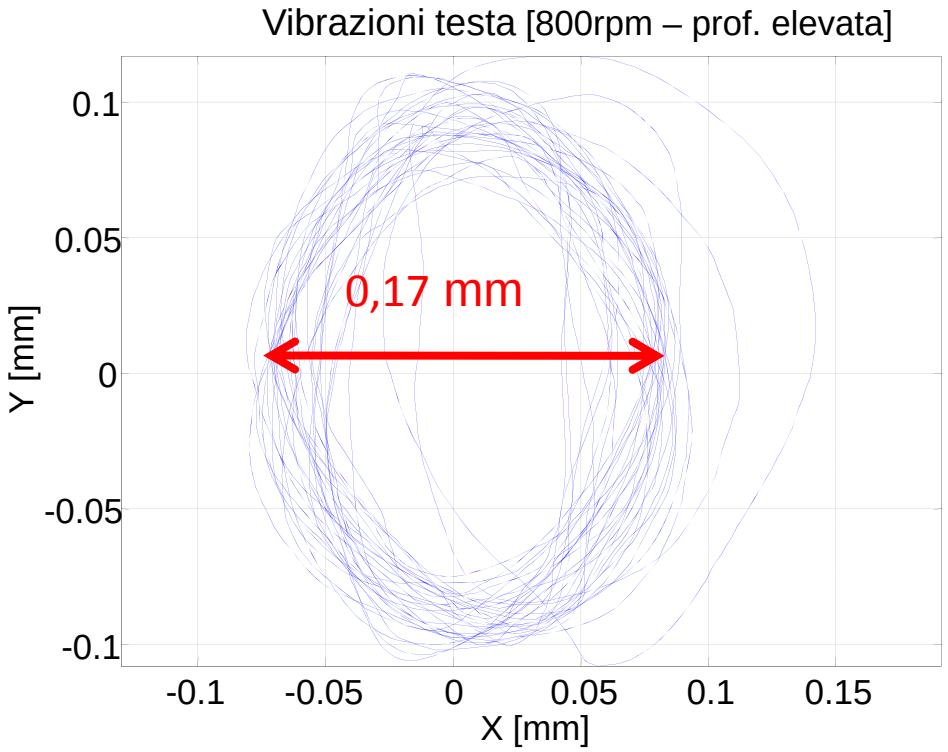


Come si manifesta il chatter

Stabile
Vibrazioni modeste

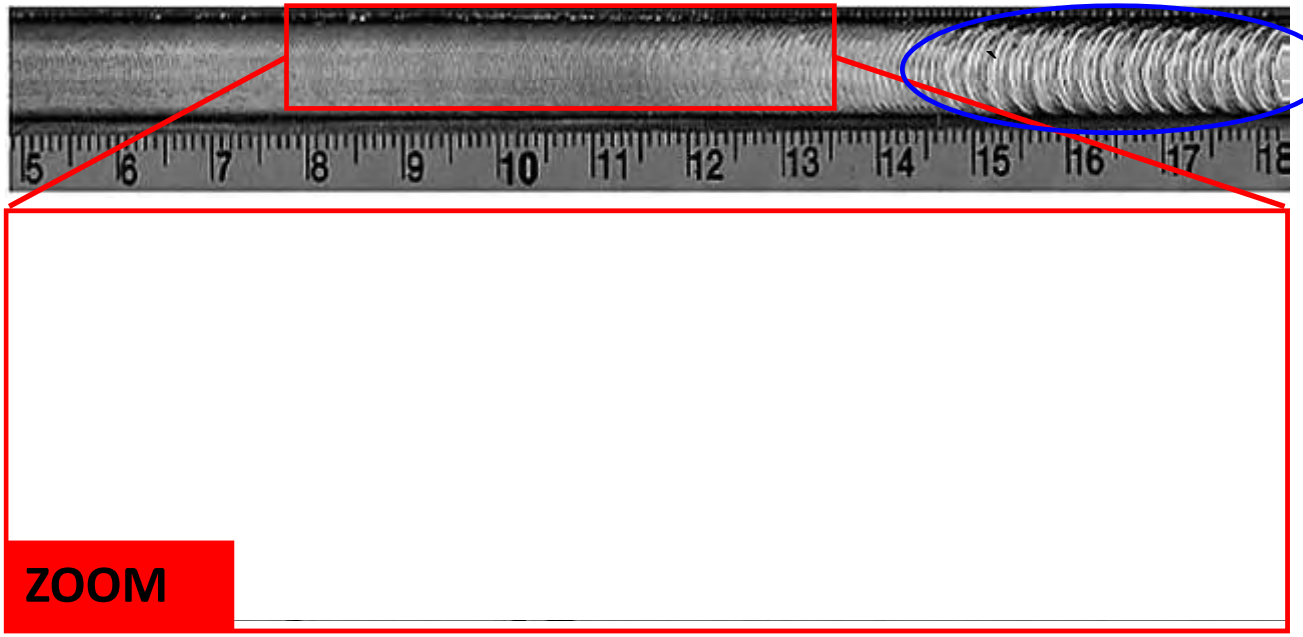


Instabile
Vibrazioni (e forze) elevate



Effetti del chatter

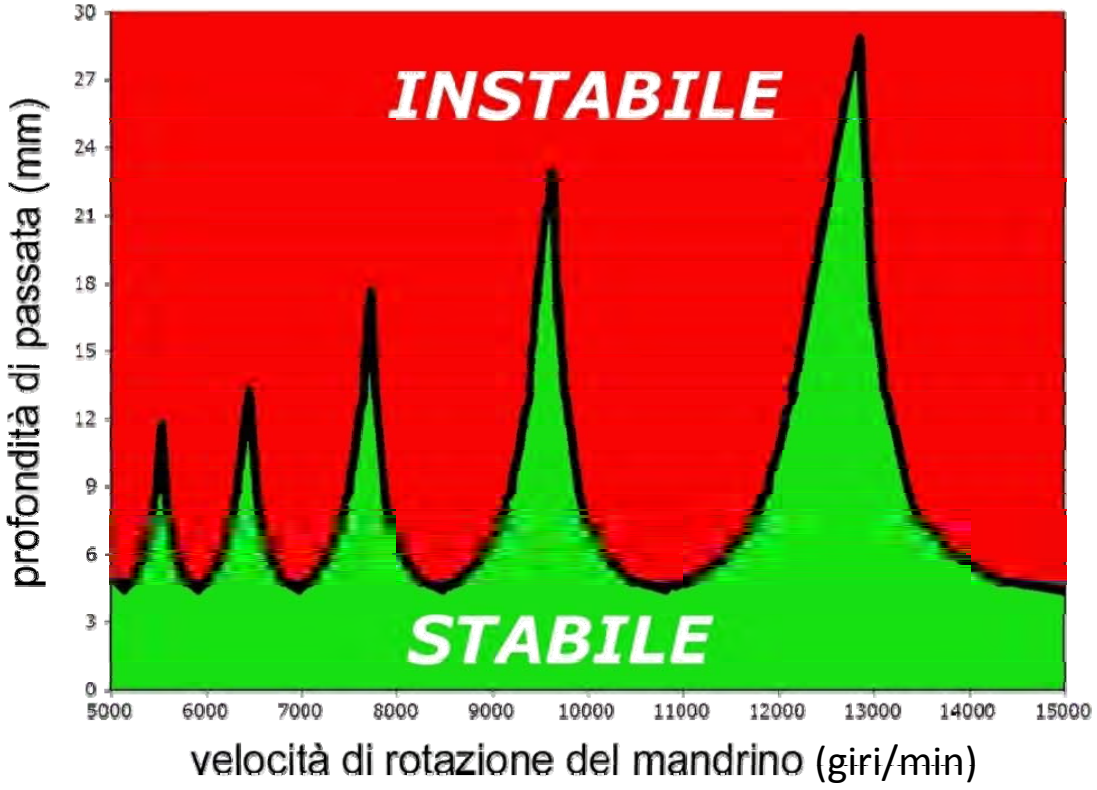
- Qualità superficiale scadente
- Eccessiva usura dell'utensile
- Eccessive vibrazioni (possibili danni a mandrino e macchina)
- Incremento delle forze di taglio e della potenza assorbita



Effetto del
CHATTER RIGENERATIVO

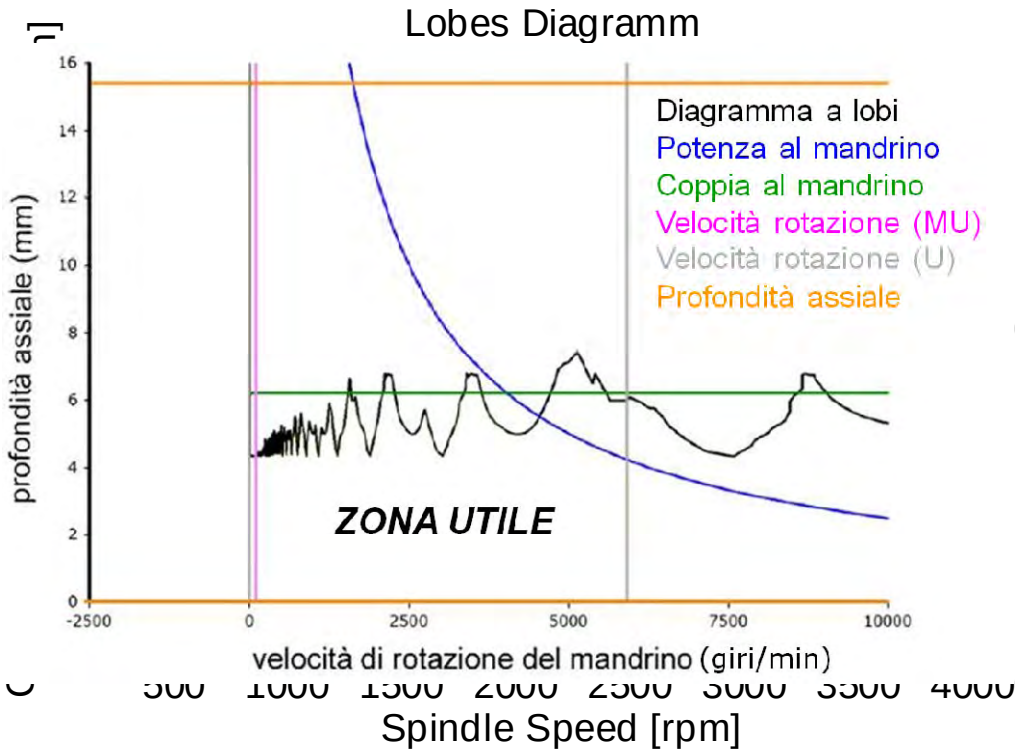
Previsione del limite di stabilità: il *diagramma a lobi*

Il risultato dell'analisi di stabilità è il cosiddetto diagramma a lobi che rappresenta la profondità assiale limite in funzione del numero di giri e che divide il piano in due regioni.



Caratteristiche del diagramma a lobi

- Difficile individuare le condizioni di lavoro senza il diagramma a lobi (forma complessa)
- La forma dei lobi dipende anche dall'utensile che viene impiegato
- Informazioni sul modo che limita la capacità di asportazione (frequenza di chatter)
- È possibile abbinare ulteriori vincoli al diagramma:
  - Specifiche utensile
  - Specifiche mandrino e macchina utensile



Risultati del checkup

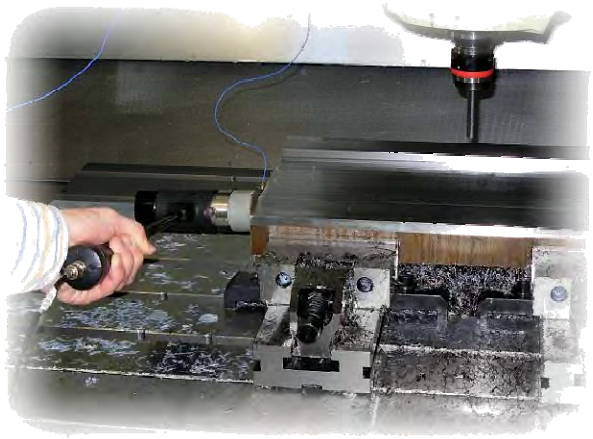
Il checkup permette di

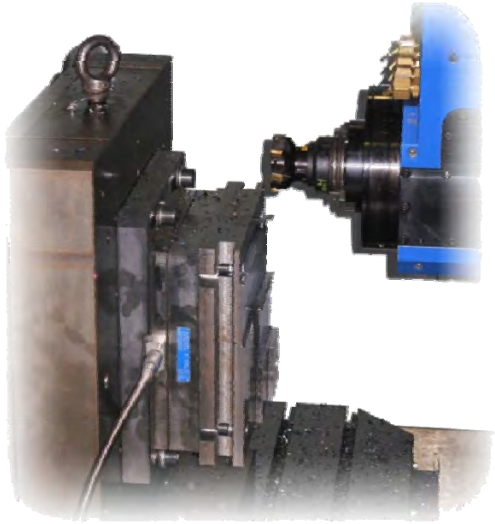
- Definire le condizioni limite che daranno luogo al chatter
- Individuare i parametri di taglio ottimali
- Determinare la cedevolezza dinamica della macchina
- Avere indicazioni sulla parte di struttura che limita la capacità di asportazione (utensile, mandrino, macchina)

Come si realizza il checkup

L'analisi prevede le seguenti attività

- Misura delle FRF all'utensile e al pezzo in lavorazione
- Misura dei coefficienti di strappamento
- Lavorazioni di verifica per la successiva ottimizzazione





Strumenti di misura

Accelerometri

5mV/g

Tri-axial
1V/g

100mV/g

Tri-axial
100mV/g

500mV/g

By PCB ©

Piattaforma dinamometrica

By Kistler ©

Martelli Strumentati

0,16Kg

4,8g

0,32Kg

By PCB ©

1.1Kg

Output del checkup

Al termine dell'intervento verrà consegnato un rapporto contenente

- richiami alla teoria
- funzioni di risposta in frequenza misurate
- considerazioni sui modi di vibrare che limitano la capacità di asportazione
- diagramma a lobi
- parametri di taglio ottimizzati

MUSP

Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

Laboratorio per l'innovazione

Checkup della macchina utensile

Rilevazione dell'effetto delle condizioni operative

Laboratorio MUSP

www.musp.it

Perché il Checkup

- Imporre al mandrino una traiettoria caratterizzata da forti accelerazioni in diverse direzioni
- rilevare il percorso seguito

Il ***grid encoder permette di misurare l'errore di inseguimento su qualunque percorso*** al variare:

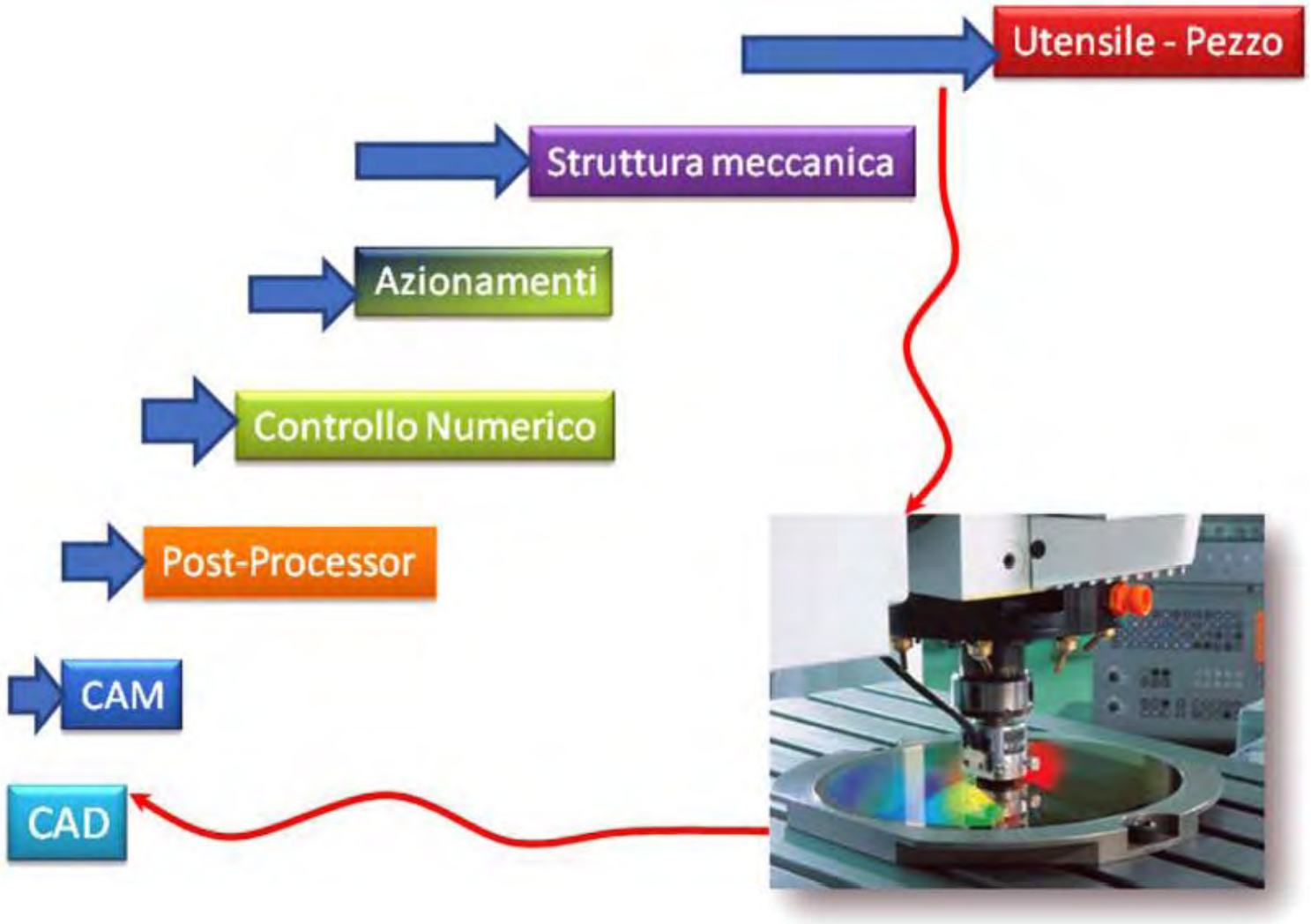
- della velocità di avanzamento
- dell'accelerazione
- del Jerk
- delle funzioni speciali del controllo numerico
- degli assi

Perché il Checkup

Rispetto ai sistemi tradizionali (ball bar, prove di taglio) il ***grid encoder presenta i seguenti vantaggi***:

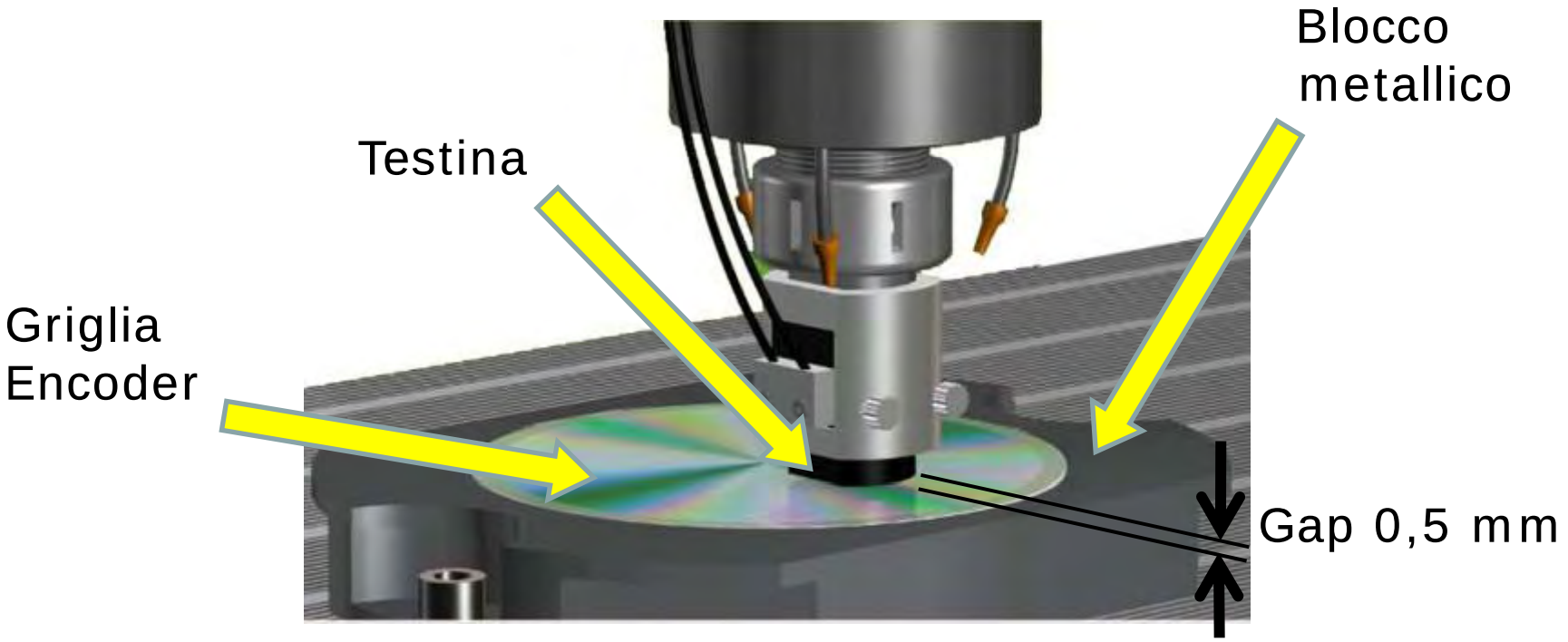
- possibilità di impostare traiettorie differenti da quella circolare
- possibilità di testare differenti condizioni operative
- minori tempi di fermo macchina

Errori in una macchina utensile



Come si realizza il Checkup

1) Individuazione delle configurazioni tipiche di utilizzo della macchina
2) Scelta dei parametri da testare
3) Set up della strumentazione



Strumenti di misura

Griglia encoder Heidenhain KGM 182

- accuratezza: ±2µm
- campo di misura: Ø230mm
- velocità di traslazione massima: 80m/min
- peso della griglia: 3,1kg

Tempi dell'intervento

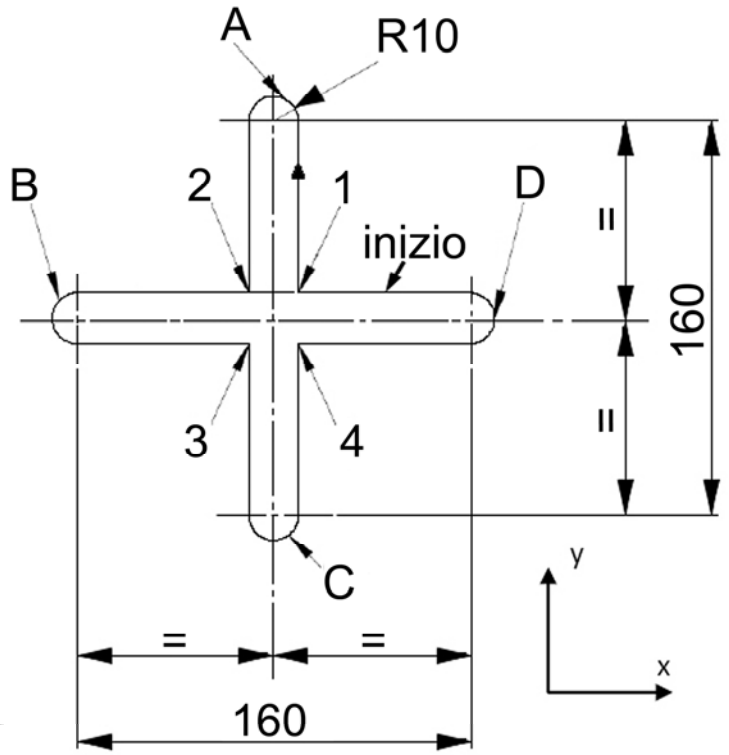
***Set up**:* circa 1,5 ore (blocco metallico di supporto spianato precedentemente).

***Esecuzione delle prove**:* 20 test in 8 ore

Esempio

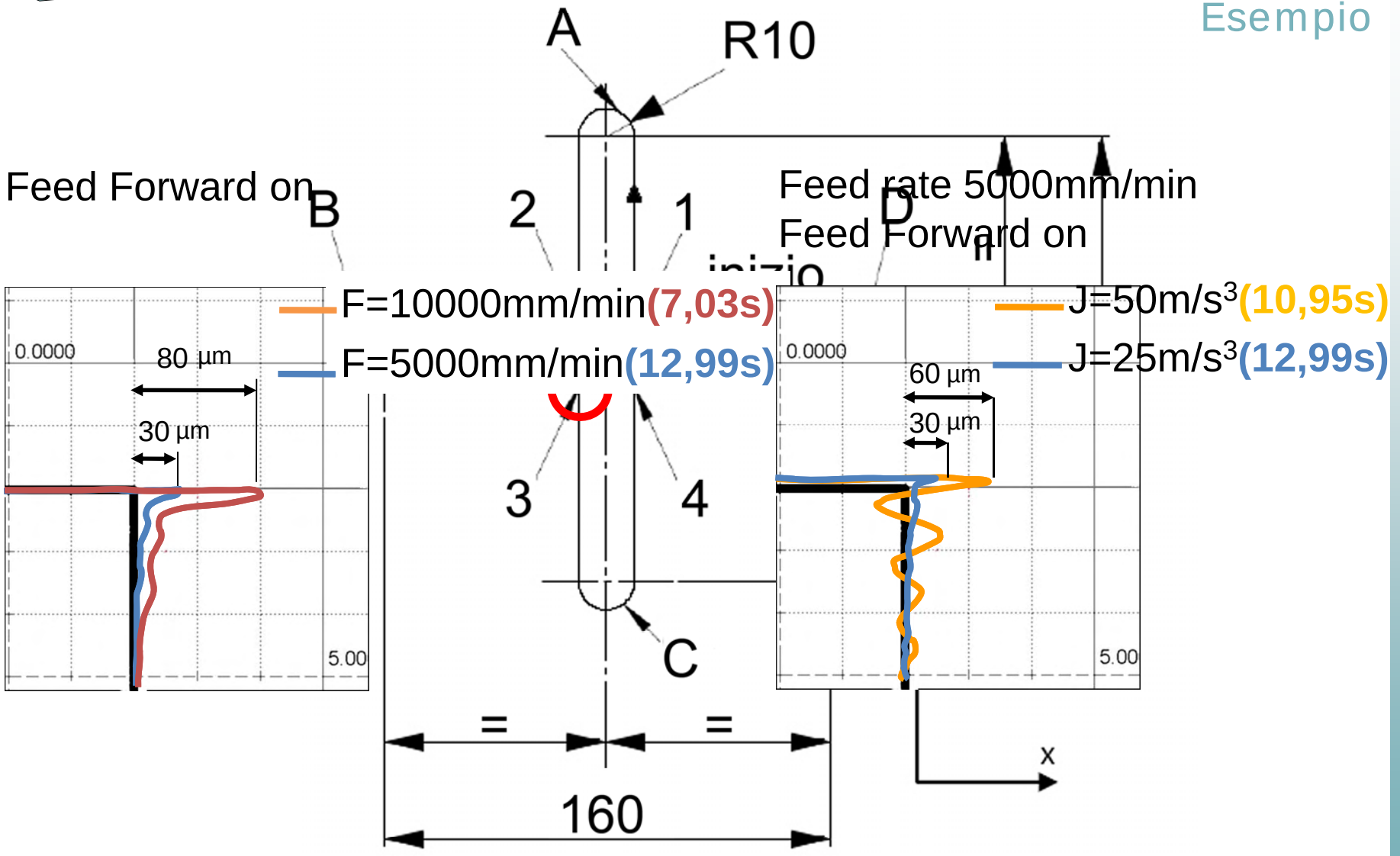
L'analisi ha previsto la definizione di tre traiettorie:

- ✓ il cerchio
- ✓ il quadrato
- ✓ ***la STAR (ideata da MUSP)***



Esempio

Feed Forward on



F=10000mm/min**(7,03s)**

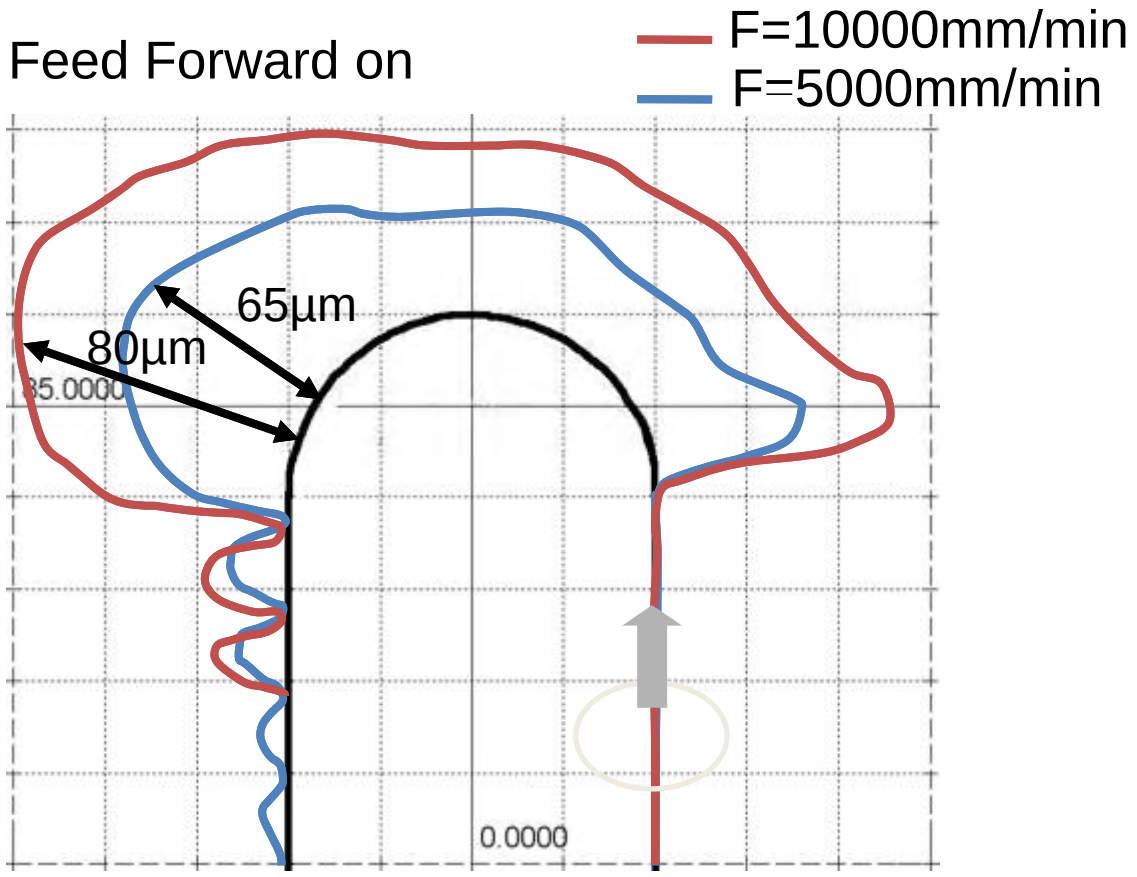
F=5000mm/min**(12,99s)**

Feed rate 5000mm/min
Feed Forward on

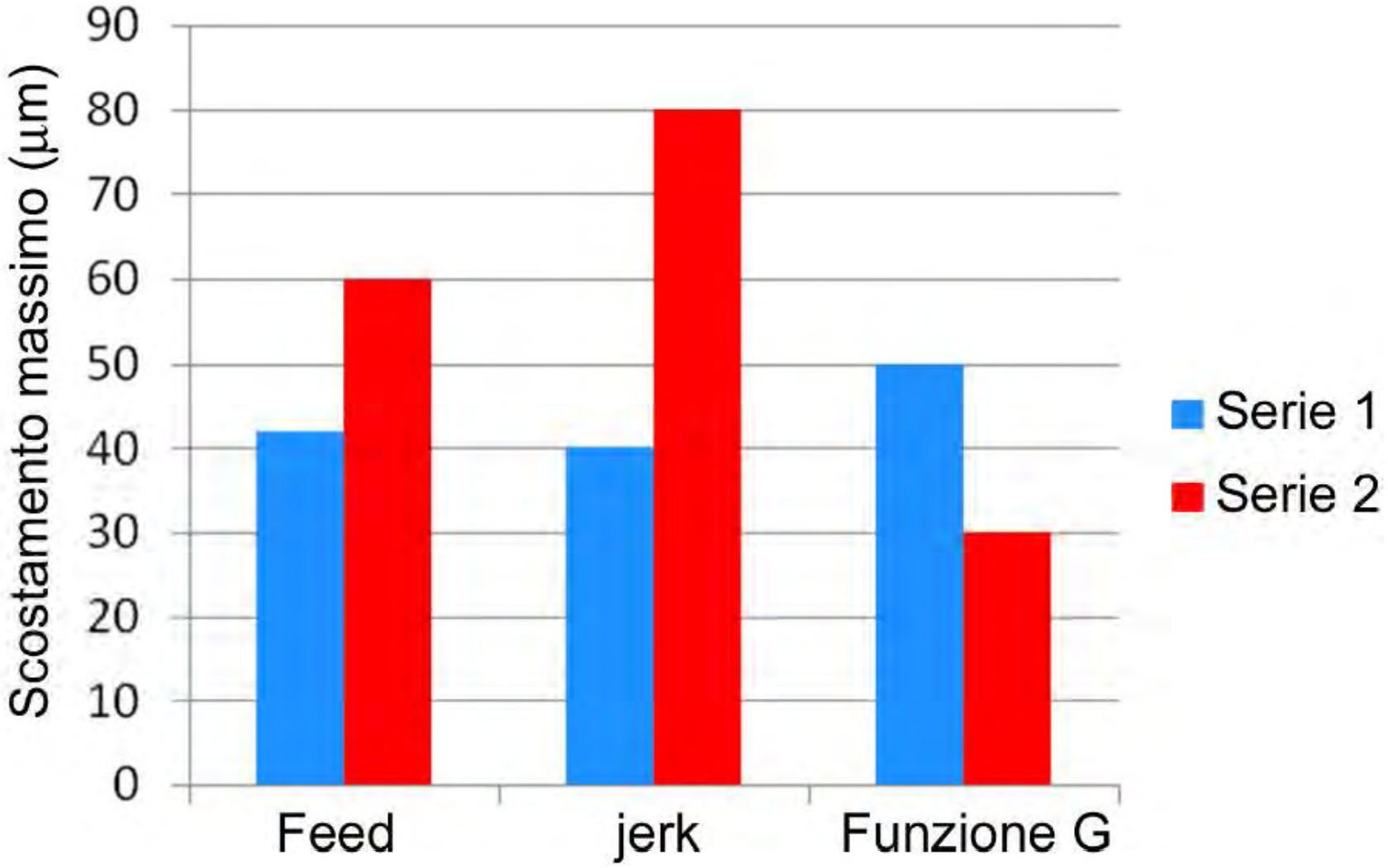
J=50m/s^3**(10,95s)**

J=25m/s^3**(12,99s)**

Esempio


Feed Forward on
F=10000mm/min
F=5000mm/min
65µm
80µm
35.0000
0.0000

Esempio


Scostamento massimo (µm)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Feed
jerk
Funzione G
Serie 1
Serie 2

Considerazioni Finali

- *la **STAR** fornisce le stesse indicazioni delle traiettorie quadrato e cerchio, con il vantaggio di essere unica*
- *la **STAR permette di capire il comportamento della macchina in corrispondenza di una discontinuità***
- *l'attivazione del **feedforward ha generato delle oscillazioni** in prossimità delle discontinuità migliorando però l'inseguimento della traiettoria circolare*
- ***l'aumento del Jerk ha generato errori e oscillazioni in prossimità delle discontinuità***
- ***la costante di tempo si è rivelata un fattore estremamente importante** per la diminuzione dell'errore di inseguimento*

La conoscenza delle reali prestazioni della macchina in condizioni operative è di fondamentale importanza!

Da questo dato dipendono:

- gli interventi sul ciclo di lavoro per evitare condizioni particolarmente penalizzanti
- l'individuazione delle migliori condizioni di lavoro fra quelle testate
- individuare criticità della macchina (con prove ulteriori)

Output del checkup

Al termine dell'intervento verrà consegnato un rapporto contenente:

- i grafici relativi al percorso reale seguito dalla macchina utensile
- le tabelle riportanti l'andamento dell'errore massimo al variare dei parametri testati

MUSP

Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

Laboratorio per l'innovazione

Analisi modale sperimentale

In collaborazione con ITIA CNR

Laboratorio MUSP

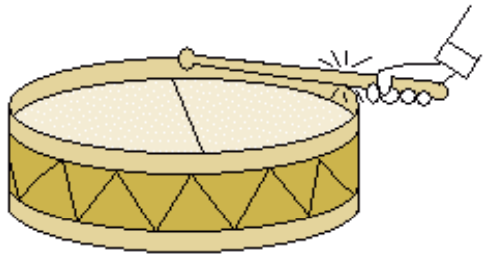
www.musp.it

L'analisi modale permette di capire come vibra un sistema meccanico sollecitato da una forza dinamica.

Permette di valutare:

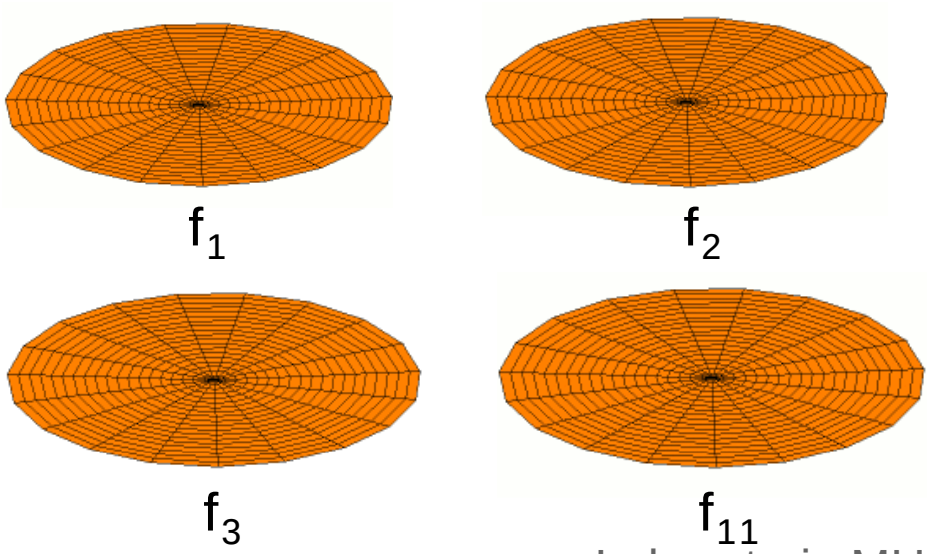
- Frequenze di risonanza
- Deformate modali
- Smorzamenti

Sistema da caratterizzare



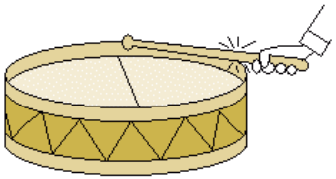
How to do a one-handed roll.

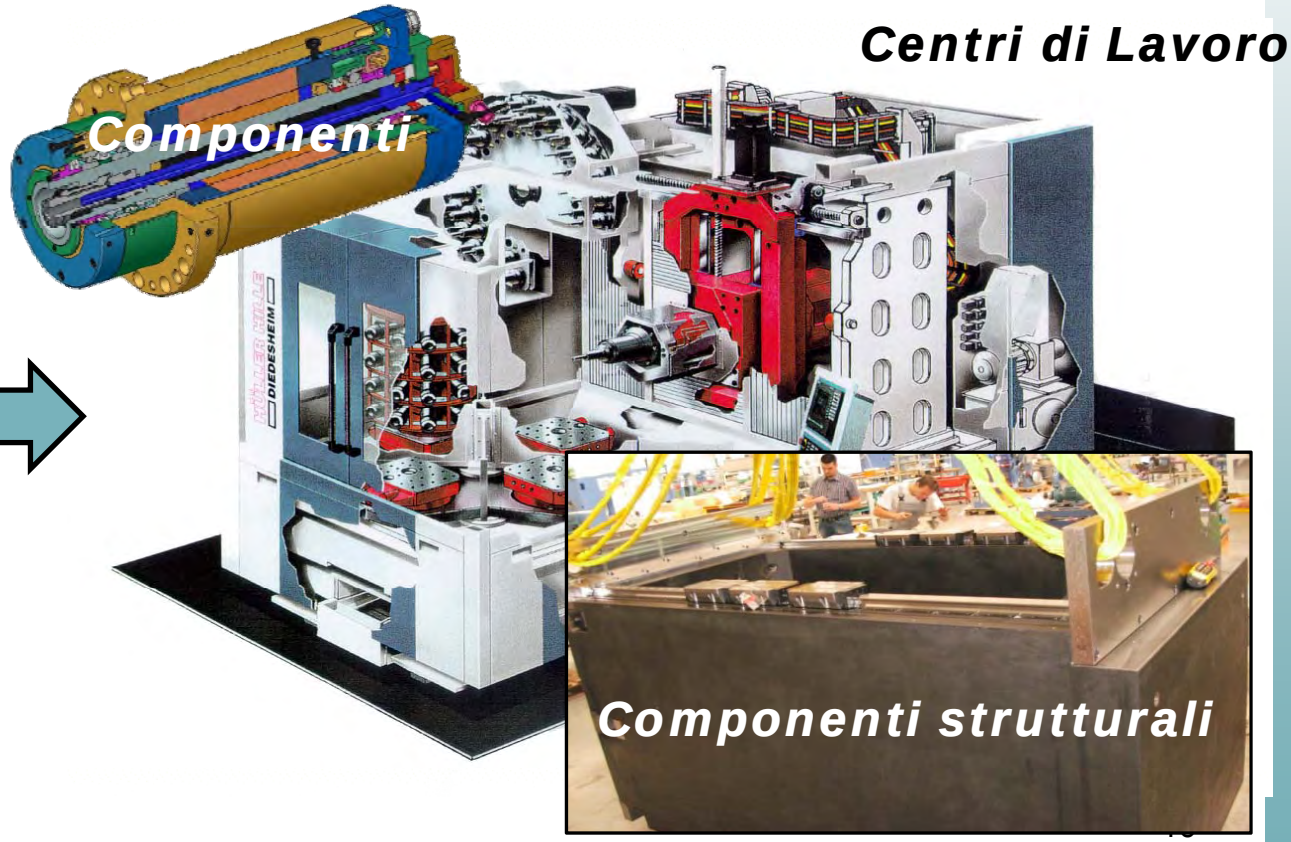
Deformate modali e frequenze proprie



A chi si rivolge il servizio?

Il servizio si rivolge ad aziende produttrici di Macchine Utensili, Sistemi di Produzione, Componenti o più in generale di Macchinari.





A cosa serve?

Diagnostica e monitoraggio della macchina

•Controllo del funzionamento della macchina sia in fase di collaudo che in condizioni operative
•Monitoraggio di cambiamenti delle prestazioni della macchina
•Aiuta a comprendere le cause che generano le vibrazioni in sistemi dinamici complessi

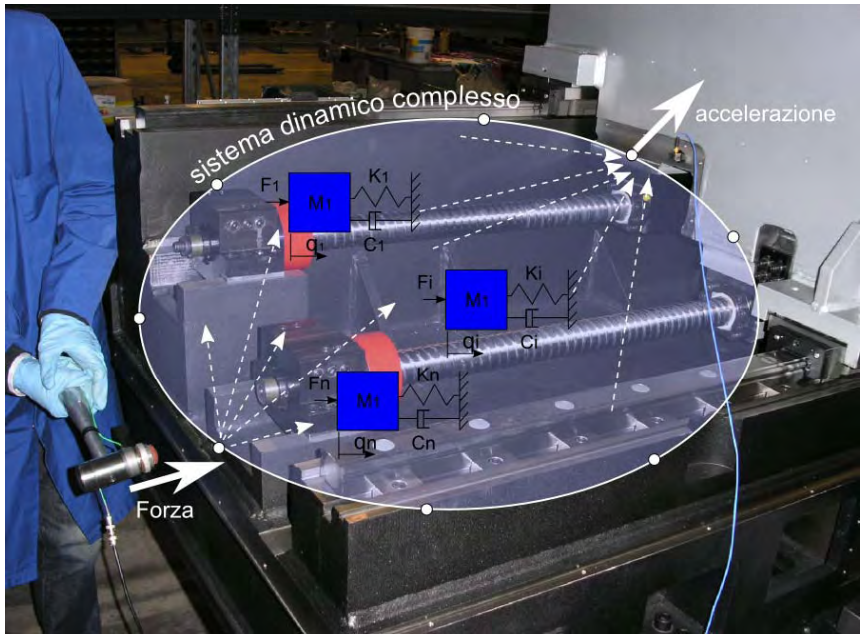
Ottimizzazione del prodotto

•Supporto alla progettazione e alla messa a punto di strumenti di modellazione (FEM)
•Supporto alla definizione delle "*performance dinamiche*" per nuovi prodotti nell'ottica delle *riduzioni delle vibrazioni*.
•Supporto all'individuazione di parti strutturali non adeguatamente progettate

I Vantaggi

- ***Incremento delle prestazioni*** dei prodotti
- ***Riduzione del time-to-market*** di nuovi prodotti
- ***Riduzione dei tempi di intervento*** nel caso di problemi di origine vibratoria
- ***Riduzione del numero di richiami*** di macchine o componenti da parte dell'azienda produttrice

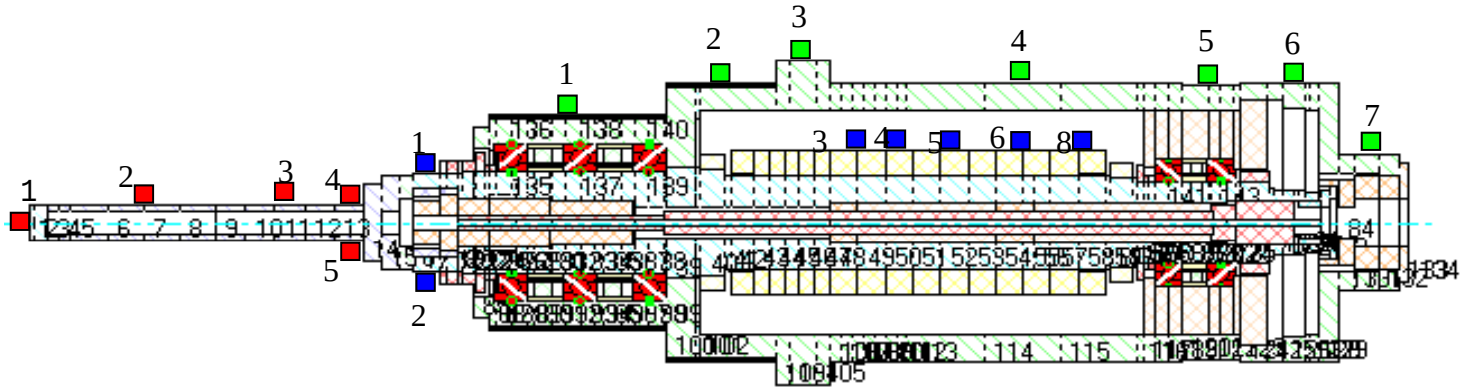
Metodologia di prova e tempistiche

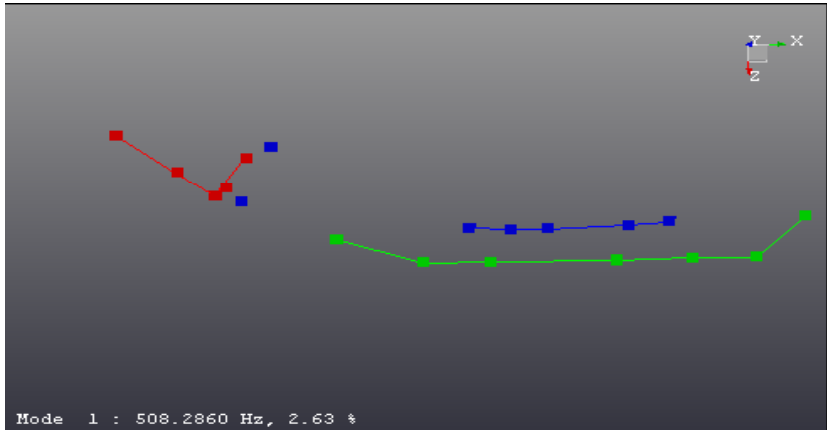


- Una giornata per la realizzazione delle prove sperimentali presso l'azienda
- Relazione tecnica entro 30 gg

ELETTROMANDRINI

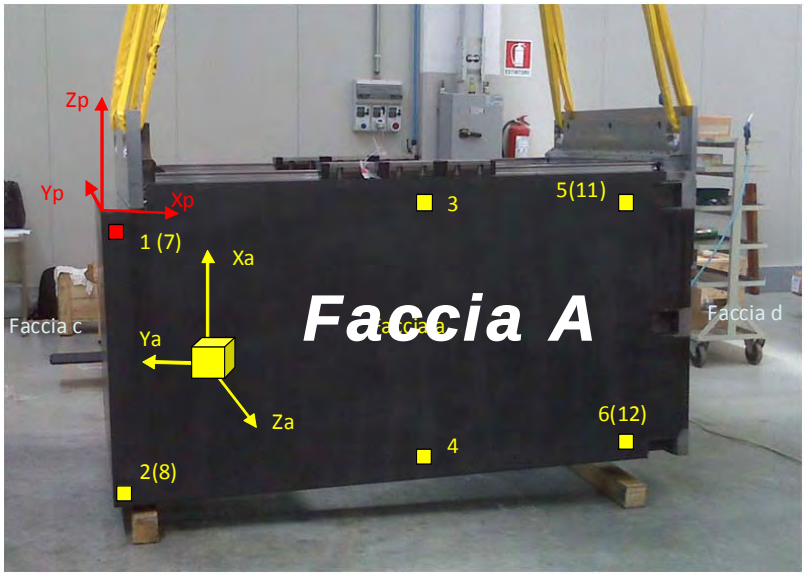
- Verifica della rigidezza dei cuscinetti
- Verifica dell'effetto del precarico dei cuscinetti
- Messa a punto del modello mandrino





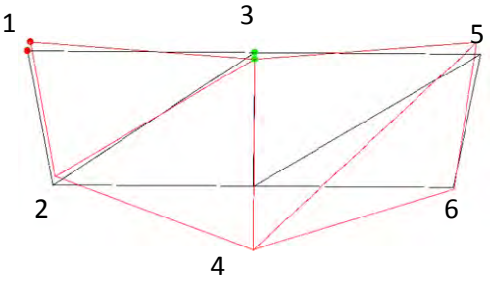
MONTANTE IN CEMENTO POLIMERICO

Caratterizzazione di alcuni componenti e messa a punto degli strumenti di simulazione



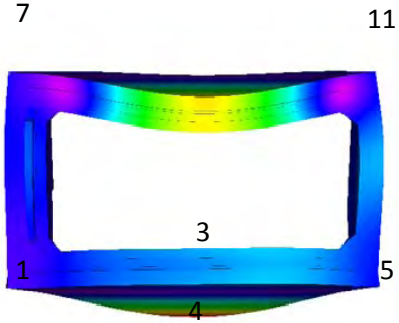
Faccia A

Sperimentale



Modo#4: 204HZ

FEM

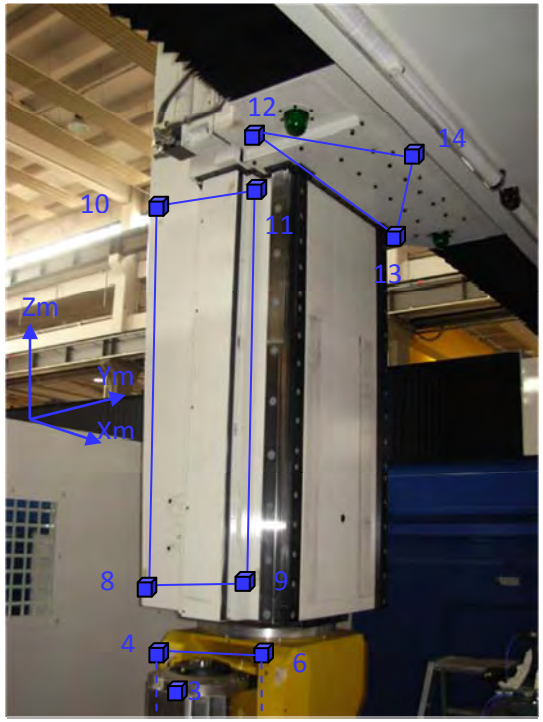


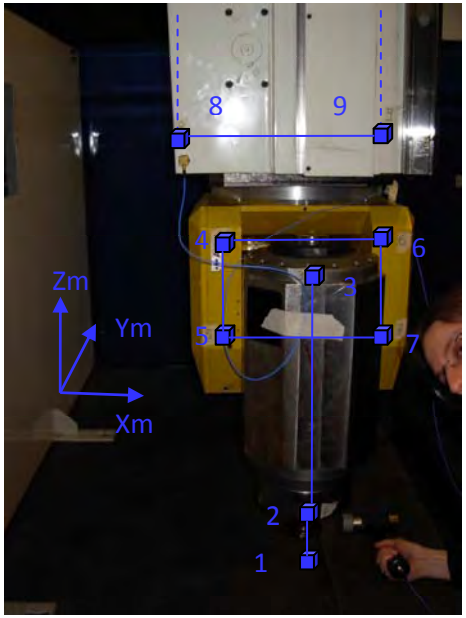
Modo#5: 205HZ

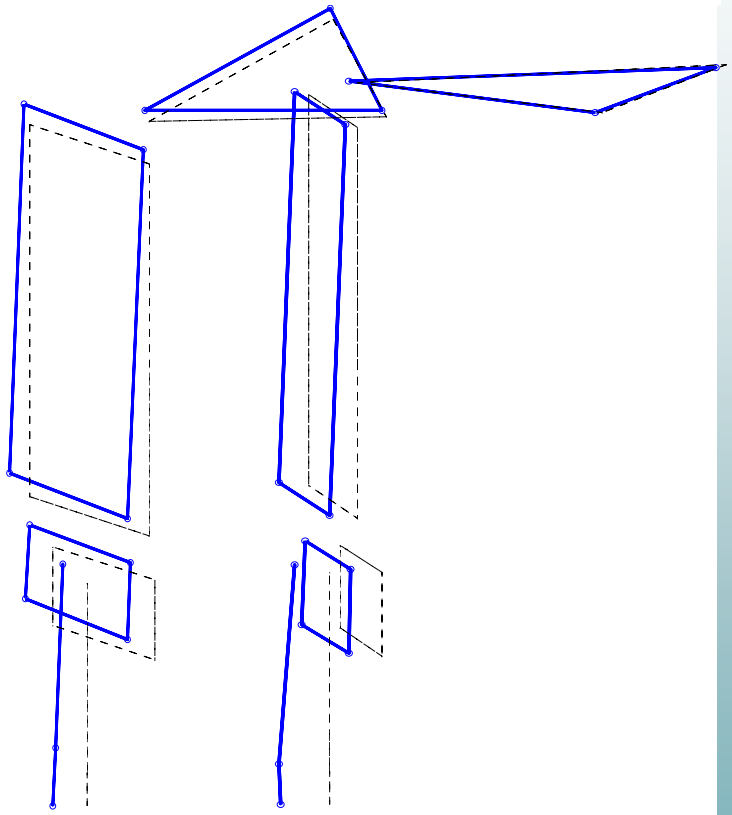
Messa a punto modello FEM

- Sviluppo di un modello più dettagliato
- Raffinamento Mesh
- Modifica modulo elastico

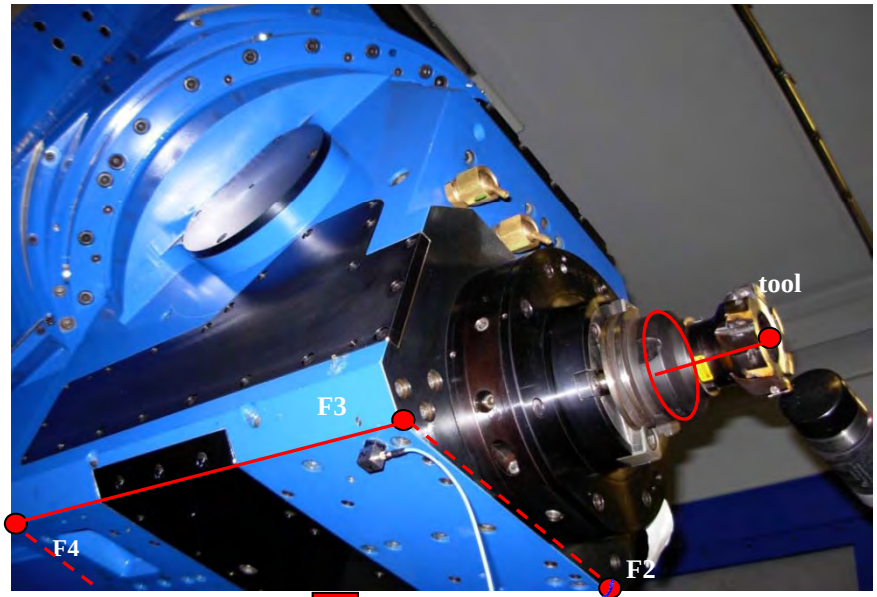
DETERMINAZIONE DEL COMPORTAMENTO DELLA MACCHINA

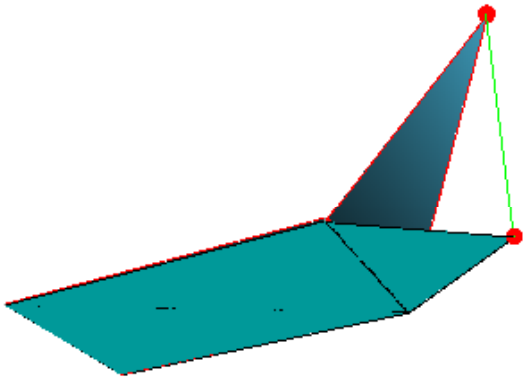


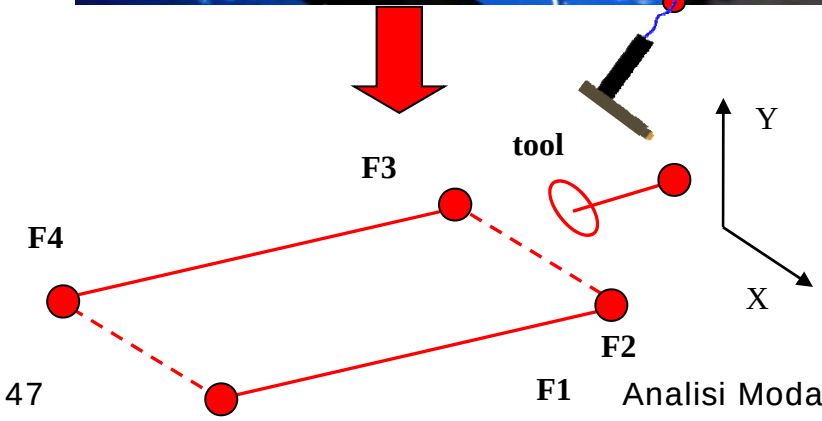


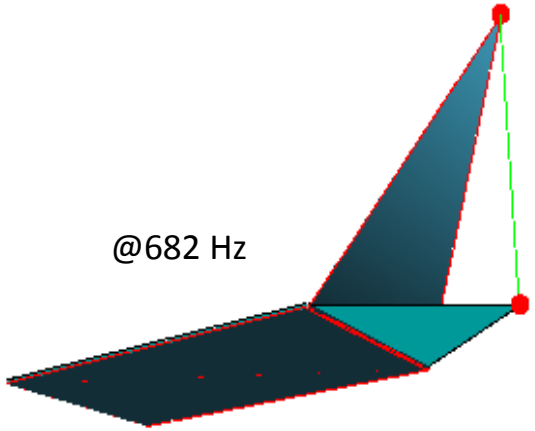


DETERMINAZIONE COMPORTAMENTO TESTA MACCHINA





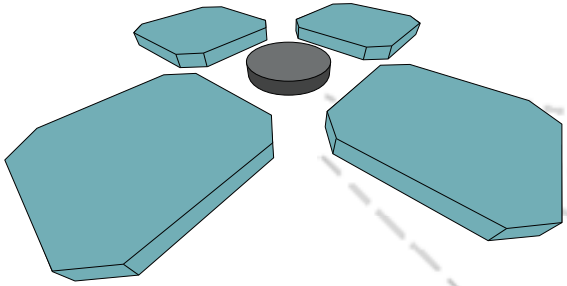




MUSP

Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

Laboratorio per l'innovazione



MUSP

Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

Grazie

Contatti

paolo.albertelli@musp.it