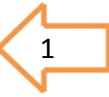


# “PRECISAMENTE”



*Allievo: Brioschi Alessandro*



**SEDE CORSUALE: Milano**  
**Anno Formativo: 2015/2016**

Project work svolto durante lo stage presso HEIDENHAIN ITALIANA S.r.l  
dall' 11 Aprile al 28 Giugno 2016

# INDICE

- Cenni storici HEIDENHAIN	<i>Pag.3</i>
- Struttura generale HEIDENHAIN	<i>Pag.4</i>
- Ruolo durante lo stage	<i>Pag.5</i>
- Introduzione project work	<i>Pag.6</i>
- Analisi parametri CAM	<i>Pag.8</i>
- Errore cordale	
- Distribuzione punti	
- Analisi parametri macchina	<i>Pag.11</i>
- Parametri accurate	
- Parametri fast	
- Organizzazione delle fasce (tabella)	<i>Pag.29</i>
- Lavorazione del pezzo	<i>Pag.30</i>
- Sgrossatura tramite spianatura	
- Sgrossatura della cava	
- Ripresa sgrossatura della cava	
- Prefinitura	
- Finitura	
- Rilevamento misure finali	<i>Pag.35</i>
- Rugosità di linea	
- Trasformata di Fourier	
- Rugosità 3D	
- Analisi fasce 11 e 12	<i>Pag.43</i>
- Foto del pezzo finito	<i>Pag.45</i>
- Conclusione	<i>Pag.46</i>
- L'evento in HEIDENHAIN	
- Gruppo di lavoro	

L'azienda ha le sue **origini** nel laboratorio per la lavorazione dei metalli, fondato da Wilhelm Heidenhain a Berlino nel 1889: realizzava stampi, targhe, scale graduate. Dopo la distruzione subita durante la seconda guerra mondiale, il figlio del fondatore fonda a Traunreut la DR. JOHANNES HEIDENHAIN. I primi prodotti furono scale graduate per bilance di precisione. Successivamente fu avviata la produzione di sistemi di misura di posizione ottici per macchine utensili. All'inizio degli anni '60 si completò il passaggio a sistemi di misura lineari e angolari a scansione fotoelettrica. Questa evoluzione favorì l'automazione di molte macchine e impianti nell'industria manifatturiera.

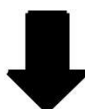
Dalla metà degli anni '70, HEIDENHAIN si è affermata in misura crescente come importante costruttore di tecnologia per controlli numerici e azionamenti per le macchine utensili.

HEIDENHAIN ITALIANA s.r.l. fondata nel 1974, rappresenta e distribuisce il marchio HEIDENHAIN in Italia, garantendo supporto commerciale e tecnico per l'intera gamma di prodotti: sistemi di misura lineari e angolari, encoder rotativi, visualizzatori di quote, controlli numerici, tastatori di misura, sistemi di tastatura e apparecchiature per la calibrazione.

## Struttura:

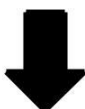
HEIDENHAIN

E' rappresentata in tutti i principali Paesi industriali del mondo con filiali



*Casa Madre*

GERMANIA



ITALIA

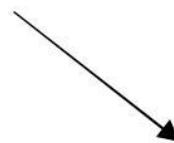
Circa 90 dipendenti con 3 sedi operative



Noale



MILANO



Ivrea

## Ruolo aziendale:

Tecnico di assistenza per i controlli numerici. Si tratta di supportare i clienti garantendo un servizio di assistenza sui prodotti, dai controlli numerici ai sistemi di misura lineari e rotativi. L'assistenza viene eseguita telefonicamente, valutando se necessario un intervento. Generalmente si tratta d'intervenire tramite riparazioni o sostituzioni solo su prodotti HEIDENHAIN.

Assistenza telefonica: fondamentale è il supporto telefonico ai clienti. Le chiamate vengono raccolte da un centralino che ha il compito di inoltrarle a seconda della richiesta al reparto interessato. L'operatore che riceve la chiamata inserisce i dati del cliente in un software aziendale per dare indicazioni in modo da risolvere i problemi riscontrati. Il software utilizzato è SugarCRM, *Customer Relationship Management*.

Interventi dal cliente: generalmente vengono effettuati quando tramite assistenza telefonica non si è riusciti a risolvere il problema.

Mostrare come la variazione di alcuni parametri, CAM e taratura assi, portino ad un miglioramento della qualità superficiale del pezzo. A tale scopo vengono eseguite delle lavorazioni su di un profilo particolare per ottenere delle “fasce”. Con il termine “fasce” si vuole indicare una sezione del pezzo in cui vengono variati determinati parametri in modo da ottenere qualità superficiali differenti. Ogni fascia avrà dei set di parametri diversi.



Si è scelto di lavorare 12 fasce. Di seguito si riporta una prima organizzazione delle  
*La descrizione più approfondita dei parametri modificati sarà riportata più avanti..*

### *Fasce da 1 a 5:*

- parametri macchina uguali per tutte 5 le fasce (parametri settati per aumentare la velocità degli assi)
- parametri CAM diversi per ogni singola fascia

### *Fasce da 6 a 10:*

- parametri macchina uguali per tutte e 5 le fasce (parametri settati per ottenere un'accuratezza elevata)
- parametri CAM diversi per ogni singola fascia

### *Fascia 11:*

- parametri macchina uguali a quelli utilizzati dalla sesta alla decima
- 4 digit (Digit: numero di zeri dopo la virgola nel formato dei dati geometrici CAM)

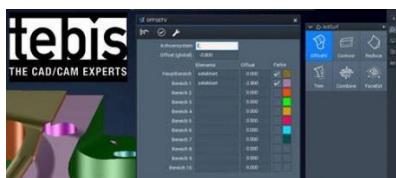
### *Fascia 12:*

- parametri macchina uguali a quelli utilizzati dalla sesta alla decima
- 3 digit

## Società coinvolte

Per raggiungere l'obiettivo sopra citato era necessario porsi nelle migliori condizioni di lavoro possibile. A tal proposito abbiamo coinvolto più società per l'esecuzione del progetto:

- Tebis Italia S.r.l, per quanto riguarda il programma CAM



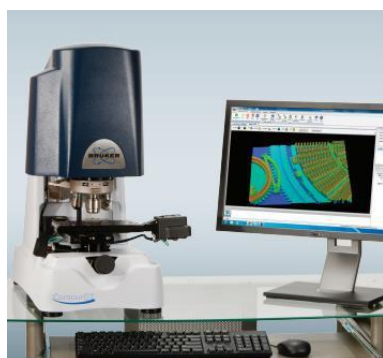
- LMT Tool Systems GmbH, per gli utensili



- Schunk, attacchi e coni utensili



- Bruker, sistemi di rilevamento qualità superfici



## INTRODUZIONE:

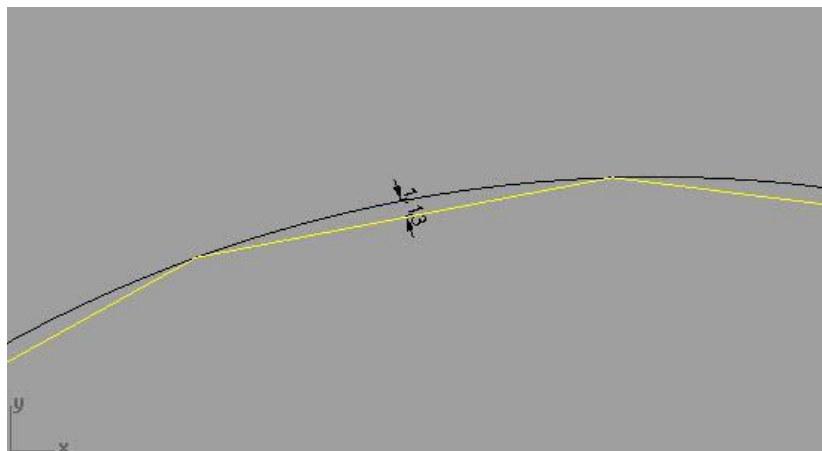
Spesso gli operatori di sistemi CNC sono portati a pensare che la qualità delle superfici dipenda solamente da fattori hardware.

- I regimi e gli avanzamenti sono corretti?
- Gli staffaggi e la macchina sono sufficientemente rigidi?
- Il mandrino gira in modo preciso?
- La lubrificazione era adeguata?
- L'utensile è del tipo giusto e correttamente affilato?

Queste sono le prime domande da porsi, ma la faccenda non finisce qui. Molti fattori influenzano la finitura della superficie, ed alcuni di questi dipendono più dal software CAM utilizzato e dai parametri macchina che da motivi hardware.

### Analisi parametri CAM con Tebis Italia

Il parametro più importante da tenere in considerazione per quanto riguarda il programma CAM è l'errore cordale.



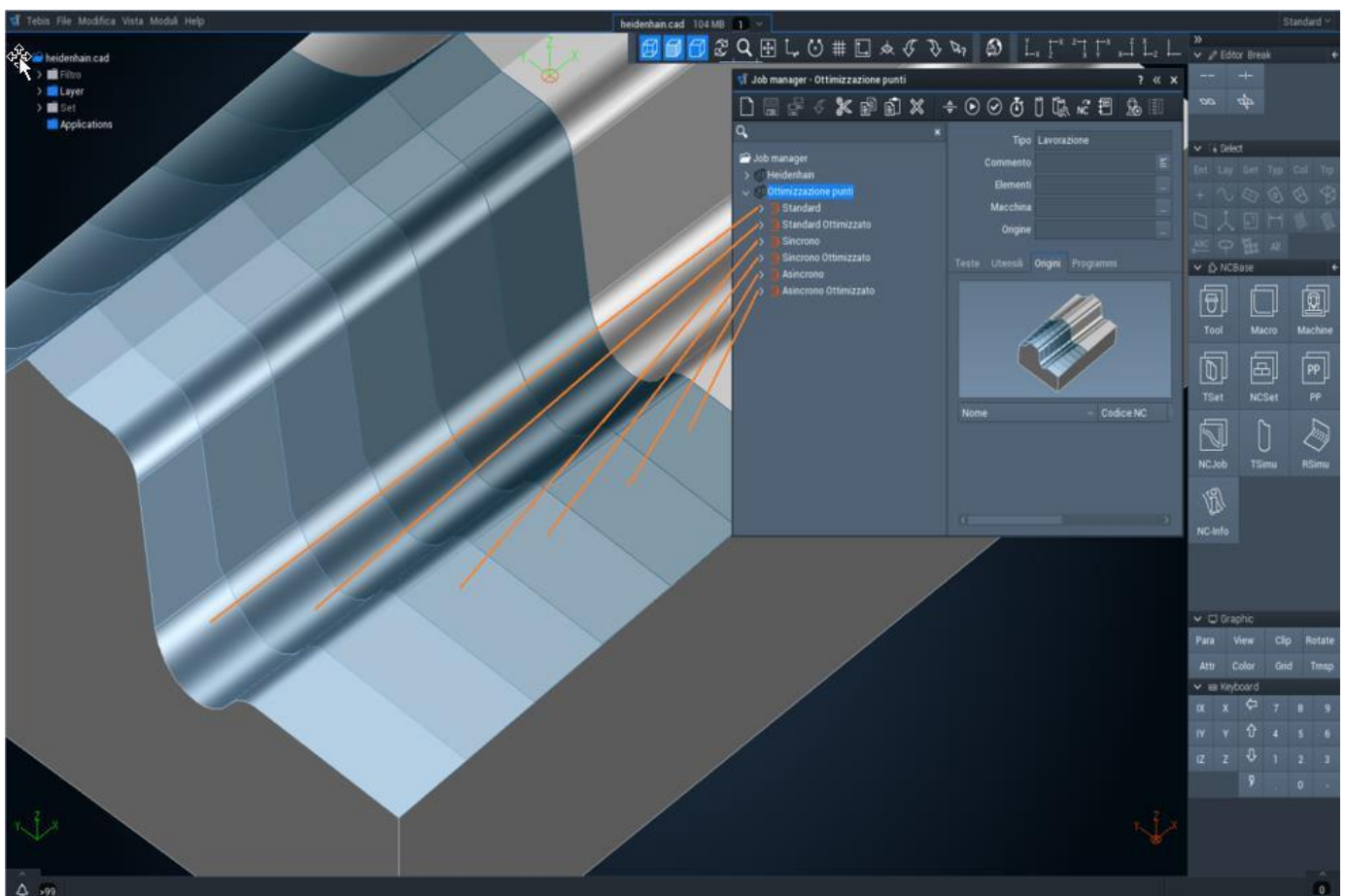
I programmi CAD/CAM approssimano curve e superfici “morbide” con una serie di segmenti di linea. La rappresentazione del modello sullo schermo sfrutta algoritmi supportati dal programma o dalla scheda grafica per rappresentare il modello nel modo migliore, ma internamente, in termini di dati geometrici disponibili, il modello viene discretizzato. Inoltre in generale la maggior parte dei controlli CNC è in grado di produrre solo linee ed archi, in contrasto con la moltitudine di tipologie di curve che possono esistere in un modello. Per queste ragioni è importante verificare le impostazioni dell'errore cordale.



In sintesi l'errore cordale, come dimostrato in figura nella pagina precedente, è la distanza tra il segmento linea che il controllo esegue e l'arco disegnato dal CAD.

Altrettanto importante è la distribuzione punti.

Si è cercato di dimostrare come la distribuzione punti può influire sulla qualità di un percorso utensile di fresatura.



La lavorazione è stata fatta in diverse fasce, ciascuna con un differente criterio di distribuzione punti, al fine di dimostrare i diversi livelli di finitura ottenibili sulla medesima macchina.

Criteria di distribuzione punti:

*“Standard”*

Il software CAM crea il programma in modo tale che il controllo tiene conto solo dell'errore cordale quando va ad analizzare la geometria del profilo. Dal punto di vista qualitativo, la superficie ad occhio nudo dovrebbe risultare tra le più scarse rispetto alle seguenti.

*“Sincrona”*

Il software CAM crea il programma in modo tale da allineare i punti tra le passate. Viene introdotto un parametro aggiuntivo che è la distanza massima tra i punti, dove s'impone la distanza massima che si vuole ottenere tra un punto ed un altro.

*“Asincrona”*

Il software CAM crea il programma in modo tale da sfasare gli allineamenti precedentemente descritti, così da infittire i punti e creare una superficie omogenea. Dal punto di vista qualitativo la superficie risulterà migliore rispetto ai primi due descritti in precedenza.

*“Standard ottimizzata”*

Questa funzione fa riferimento alle stesse caratteristiche della “Standard” ma in aggiunta il software CAM riconosce il profilo e mette un punto sulle variazioni di geometria. In questo modo nel momento in cui la geometria del profilo varia, il controllo esegue un allineamento automatico dei punti in quel particolare tratto di variazione.

*“Sincrona ottimizzata”*

Stesso principio della precedente per quanto riguarda la variazione della geometria, ma funzionalità pari alla sincrona.

*“Asincrona ottimizzata”*

Stesso principio della precedente ma funzionalità pari all'asincrona.

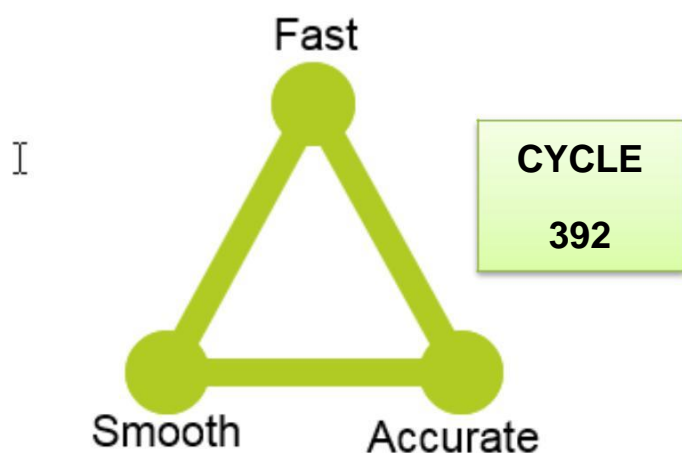
## Analisi parametri macchina.

Questa lista di parametri è salvata all'interno del controllo nella partizione TNC e contiene dati relativi al funzionamento della macchina utensile. Si parla di migliaia di valori e nel nostro caso analizzeremo accelerazioni, velocità ed altre variabili. Generalmente i valori sono direttamente legati in parte alla versione software del controllo e in parte al tipo di macchina utensile. Successivamente a seconda delle richieste del cliente questi parametri possono essere modificati.

Nel nostro caso era importante analizzare quella parte dei parametri che va ad influenzare la lavorazione.

La macchina utilizzata per il progetto è una DMG Deckel Maho, DMU 40 eVo 5 assi con controllo numerico HEIDENHAIN iTNC 530. La casa costruttrice di queste macchine utilizza un "Ciclo 392", simile al "Ciclo 332" HEIDENHAIN, nel quale il cliente può scegliere come settare la macchina a seconda delle necessità.

In particolare:



Questi settaggi vanno a modificare i parametri macchina.

- 1) **FAST**, macchina settata con valori di accelerazioni e velocità elevate. Utile per lavorazioni di sgrossatura dove non è importante la qualità superficiale del pezzo bensì il tempo ciclo.
- 2) **SMOOTH**, macchina settata per ottenere un'ottima qualità superficiale. Utile per lavorazioni in cui conta molto a livello estetico e funzionale avere una superficie liscia e simile ad uno specchio.
- 3) **ACCURATE**, macchina settata con l'obiettivo di mantenere il più possibile le misure richieste. Utile per lavorazioni di finitura in cui sono richieste tolleranze millesimali anche su profili complicati.

## PARAMETRI ACCURATE

Di seguito i parametri modificati per ottenere un settaggio macchina di tipo "Accurate":

Parametro relativo alla velocità d'avanzamento in rapido degli assi.

### **MP 1010.**

```

=====
;MP 1000 .. 1399
;Positioning / Controlling
=====
;MP1010 Axis-specific rapid traverse. At program-end and
;          program-choice is always MP1010 active.
;Input: 10 to 1 000 000 [mm/min] or [degrees/min]
MP 1010.0   : 50000
MP 1010.1   : 50000
MP 1010.2   : 50000
MP 1010.3   : 21600
MP 1010.4   : 21600
MP 1010.5   : 2000
MP 1010.6   : 2000
MP 1010.7   : 10000
MP 1010.8   : 10000
MP 1010.9   : 10000
MP 1010.10  : 10000
MP 1010.11  : 10000
MP 1010.12  : 10000
MP 1010.13  : 10000
=====

```

Questo parametro gestisce le velocità massime dei rapidi relative ad ogni singolo asse (fino a 13 assi):

- 1010.0, relativo alla velocità dell'asse X
- 1010.1, relativo alla velocità dell'asse Y
- 1010.2, relativo alla velocità dell'asse Z
- 1010.3, relativo alla velocità del quarto asse C
- 1010.4, relativo alla velocità del quinto asse B

Per gli assi X, Y e Z la velocità dei rapidi è pari a 50000 mm/minuto. Mentre per l'asse rotativo C e B 21600 gradi/minuto.

Valori importanti in quanto influiscono sul tempo d'esecuzione del programma.

Parametro relativo alla velocità d'avanzamento degli assi in manuale.

### MP 1020.

```

-----
;MP1020 Axis-specific manual feed rate
;Input: 10 to 1 000 000 [mm/min] or [degrees/min]
MP 1020.0 : 1333
MP 1020.1 : 1333
MP 1020.2 : 1333
MP 1020.3 : 1333
MP 1020.4 : 1333
MP 1020.5 : 10
MP 1020.6 : 10
MP 1020.7 : 10
MP 1020.8 : 10
MP 1020.9 : 10
MP 1020.10 : 10
MP 1020.11 : 10
MP 1020.12 : 10
MP 1020.13 : 10
MP 1020.14 : 10
MP 1020.15 : 10
MP 1020.16 : 10
MP 1020.17 : 10
-----

```

Questo parametro gestisce l'avanzamento in manuale degli assi:

- 1020.0, relativo alla velocità dell'asse X
- 1020.1, relativo alla velocità dell'asse Y
- 1020.2, relativo alla velocità dell'asse Z
- 1020.3, relativo alla velocità del quarto asse C
- 1020.4, relativo alla velocità del quinto asse B

In questo caso la velocità degli avanzamenti in manuale è uguale per tutti gli assi, 1333 mm/minuto.

Parametro relativo all'accelerazione degli assi.

### MP 1060.

```

-----
;MP1060 Axis-specific acceleration
;Input: 0.001 to 500 [m/s^2] or [1000°/s^2]
MP 1060.0 : 6
MP 1060.1 : 5.3
MP 1060.2 : 4.8
MP 1060.3 : 4.3
MP 1060.4 : 2.6
MP 1060.5 : 0.001
MP 1060.6 : 0.001
MP 1060.7 : 0.001
MP 1060.8 : 0.001
MP 1060.9 : 0.001
MP 1060.10 : 0.001
MP 1060.11 : 0.001
MP 1060.12 : 0.001
MP 1060.13 : 0.001
MP 1060.14 : 0.001
MP 1060.15 : 0.001
MP 1060.16 : 0.001
MP 1060.17 : 0.001
-----

```

Questo parametro gestisce l'accelerazione degli assi:

- 1060.0, relativo all'accelerazione dell'asse X
- 1060.1, relativo all'accelerazione dell'asse Y
- 1060.2, relativo all'accelerazione dell'asse Z
- 1060.3, relativo all'accelerazione del quarto asse C
- 1060.4, relativo all'accelerazione del quinto asse B

In questo caso l'accelerazione relativa all'asse X vale 6 m/s<sup>2</sup>.

L'accelerazione dell'asse Y 5.3 m/s<sup>2</sup>.

L'asse Z, 4.8 m/s<sup>2</sup>.

L'asse C, 4.3 m/s<sup>2</sup>.

L'asse B, 2.6 m/s<sup>2</sup>.

Parametro relativo ai Jerk.

### MP 1085.

```

-----
;MP1085 Max. permissible axis-specific jerk during machining
;movements for the operating modes
; "Program Run Full Sequence," "Program Run single Block,"
; and "Positioning with Manual Data Input",
; as long as feed rate not FMAX or
; feed rate < value in MP1092.
; (up to now for all axis in MP1090.0)
; MP1060.x^2 * 60000
; MP1085.x >= -----
;                               MP1010.x
Input: 0.1 to 9999.9 [m/s^3] or [1000°/s^3]
MP 1085.0 : 20 ;50
MP 1085.1 : 20 ;50
MP 1085.2 : 20 ;50
MP 1085.3 : 50
MP 1085.4 : 40
MP 1085.5 : 0.1
MP 1085.6 : 0.1
MP 1085.7 : 0.1
MP 1085.8 : 0.1
MP 1085.9 : 0.1
MP 1085.10 : 0.1
MP 1085.11 : 0.1
MP 1085.12 : 0.1
MP 1085.13 : 0.1
MP 1085.14 : 0.1
MP 1085.15 : 0.1
MP 1085.16 : 0.1
MP 1085.17 : 0.1
-----

```

Parametro che gestisce il valore dei jerk per ogni asse:

(definizione del termine jerk alla pagina seguente)

- 1085.0, relativo al jerk dell'asse X
- 1085.1, relativo al jerk dell'asse Y
- 1085.2, relativo al jerk dell'asse Z
- 1085.3, relativo al jerk del quarto asse C
- 1085.4, relativo al jerk del quinto asse B

In questo caso i valori sono uguali per i tre assi lineari X, Y e Z e corrispondono a 20 m/s<sup>3</sup>.

Per l'asse C 50 m/s<sup>3</sup>.

L'asse B 40 m/s<sup>3</sup>.

```
MP 1090.0 : 0 ;jerk limitation if a feed rate-value is programmed  
MP 1090.1 : 0 ;jerk limitation if feed rate FMAX is programmed
```

Questo parametro ha la stessa funzione del parametro visto in precedenza, l'unica differenza è che vale per tutti gli assi.

- 1090.0, relativo al jerk in avanzamento di lavoro programmato
- 1090.1, relativo al jerk in avanzamento "massimo" (cioè rapido)

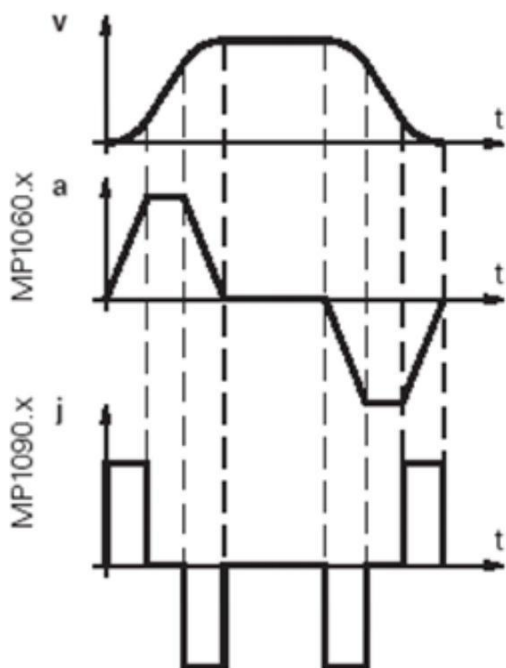
In questo caso essendoci "0", tiene conto del parametro 1085.

### JERK

*In fisica e meccanica, si definisce jerk (o in inglese britannico jolt) la derivata dell'accelerazione rispetto al tempo ovvero la derivata di terzo ordine della posizione rispetto al tempo.*

Tale notazione indica la variazione dell'accelerazione nel tempo.

Il JERK è la grandezza fisica che rappresenta la variazione della accelerazione nell'unità di tempo. Il suo significato geometrico è l'inclinazione dell'accelerazione. In pratica il Jerk sta all'accelerazione come l'accelerazione sta alla velocità.



Tanto più alto sarà il valore di JERK tanto più rapida sarà la pendenza dell'accelerazione con conseguente diminuzione del tempo necessario per raggiungere la velocità impostata. Per contro la curva di velocità sarà meno morbida: l'asse verrà sollecitato maggiormente e l'errore di inseguimento sarà più visibile nella fase di cambio di accelerazione dove la curva presenta discontinuità.



Parametro relativo ai filtri nominali di posizione.

### MP 1200.

```
MP 1200 : 2
:-----
:MP1200 Nominal position value filter
:Input: 0 = Single filter
:       1 = Double filter
:       2 = HSC filter
:       3 = "Advanced HSC filter"
:-----
```

Parametro che gestisce i filtri nominali di posizione:

*(definizione filtri pagina successiva)*

- 1200 = 0, il controllo utilizza un filtro singolo
- 1200 = 1, il controllo utilizza un doppio filtro
- 1200 = 2, il controllo utilizza un filtro tipo HSC
- 1200 = 3, il controllo utilizza un filtro tipo HSC "avanzato"

Nel nostro caso viene utilizzato un filtro HSC per i motivi citati sotto.

Parametro relativo alla frequenza di lavoro del filtro HSC  
**MP1212.**

```
-----  
;MP1212 cut-off frequency for for HSC filter  
;Input: 0,0 to 166,0 [Hz]  
MP 1212      : 18  
-----
```

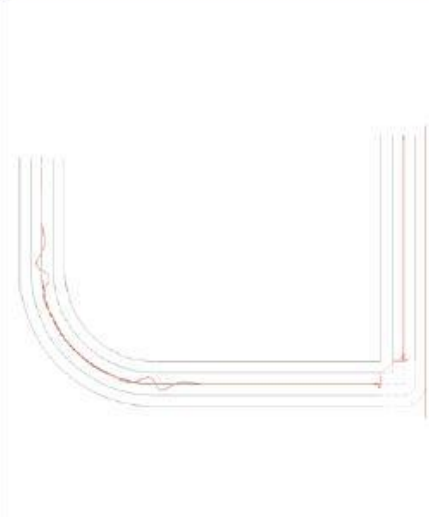
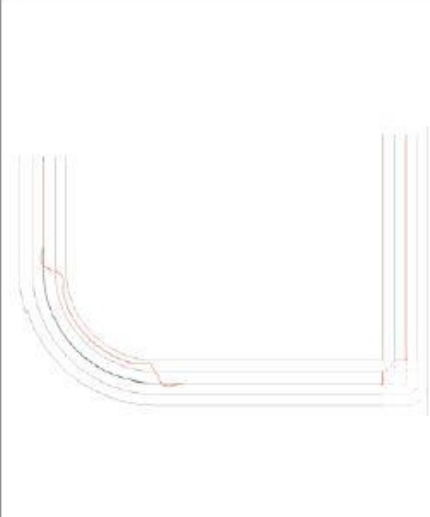
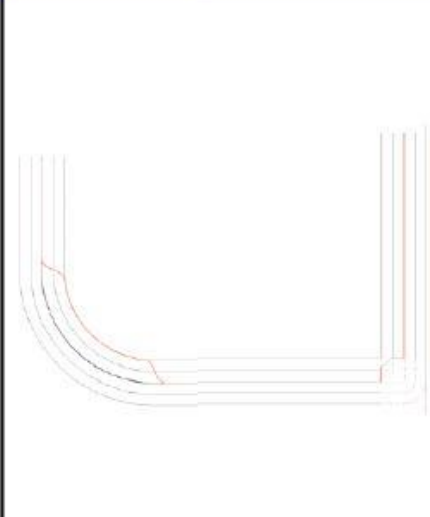
Il suddetto parametro gestisce la frequenza di lavoro del filtro HSC. Più bassa sarà la frequenza inserita più accurato sarà il movimento degli assi.  
In questo caso il filtro lavora alla frequenza di 18 Hz.

## FILTRI NOMINALI DI POSIZIONE

Sono filtri che determinano l'approccio dell'utensile con il pezzo. Vanno a modificare la dinamica della macchina in base alle richieste del cliente.

Come detto, i filtri di posizione nominale determinano il tipo di approccio al profilo:

- HSC approccio molto preciso e veloce ma per questo decisamente nervoso, sfrutta la tolleranza solo al cambio di curvatura.
- Singolo Filtro decisamente più morbido, si aiuta con la tolleranza per "smussare" il percorso. Risulta un movimento più lento ma fluido.
- (Comportamento simile per il Doppio Filtro).
- HSC Avanzato: una via di mezzo tra i due.

HSC filter, 30 Hz	Advanced HSC filter, 30 Hz	Single filter 4th order = 30 Hz
		
Time: 0,55 s Tolerance: 20 μ Resolution: 10 μm/Div.	Time: 0,56 s Tolerance: 20 μ Resolution: 10 μm/Div.	Time: 0,59 s Tolerance: 20 μ Resolution: 10 μm/Div.

Le linee colorate in arancione descrivono il percorso dell'utensile.

Le linee non colorate stanno ad indicare la traiettoria descritta da programma. Sotto sono indicati il tempo di analisi del filtro e la tolleranza di scostamento dell'utensile dalla traiettoria.

Viene anche indicata la risoluzione, dove la distanza tra una linea e l'altra vale 10 micron.

Parametro relativo al ciclo 32.

### MP 1202.

```

-----
;MP1202 cycle 32 3D milling - predefined tolerance
;Input: 0,0000 to 3,0000 [mm]
MP 1202.0 : 0.002 ; ;Corners with movement with machining feed rate
MP 1202.1 : 0.08 ; ;Corners with movement with rapid traverse
-----

```

Parametro che gestisce i valori del ciclo 32:

1202.0 = 0.002 mm, il controllo imposta una tolleranza di ciclo 32 pari a 2 millesimi.

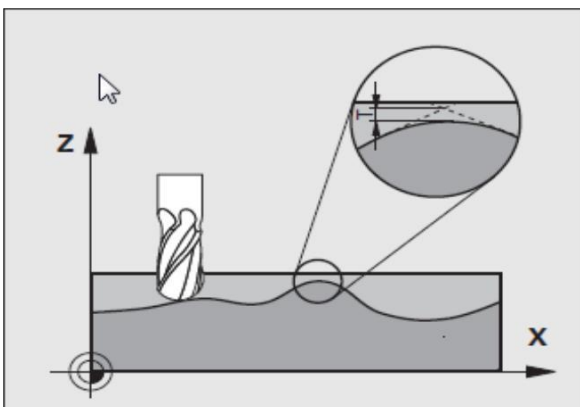
### CICLO 32

Attraverso le indicazioni del ciclo 32 si può influire sul risultato della lavorazione in rapporto a precisione, qualità della superficie e velocità, se il TNC è stato adattato alle proprietà specifiche della macchina.

Il controllo smussa automaticamente il profilo tra elementi di profilo qualsiasi (corretti o non corretti). Così l'utensile si sposta in modo continuo sulla superficie del pezzo e non sollecita la meccanica della macchina. Inoltre la tolleranza definita nel ciclo agisce anche nei movimenti di spostamento su archi di cerchio.

Se necessario il TNC riduce automaticamente l'avanzamento programmato, in modo che il programma venga sempre eseguito dal TNC senza "contraccolpi" e alla velocità massima possibile. **Anche se il controllo non si sposta a velocità ridotta, la tolleranza definita viene sempre mantenuta.** Quanto più grande è la tolleranza definita, tanto più velocemente il TNC può spostare gli assi.

La smussatura genera uno scostamento dal profilo. L'entità di questo scostamento dal profilo (**VALORE TOLLERANZA**) viene definito dal costruttore della macchina in un parametro macchina. Con il ciclo 32 è possibile modificare il valore di tolleranza preimpostato.



*"T" sta per "tolleranza", ed equivale proprio alla tolleranza dichiarata nel ciclo 32.*

Questo ciclo si può richiamare in un programma, in questo caso il controllo considera i dati inseriti da programma non considerando i valori impostati da parametri macchina.

## PARAMETRI FAST

Di seguito i parametri modificati per ottenere un settaggio macchina di tipo “Fast”:

Parametro relativo alla velocità d’avanzamento in rapido degli assi.

### MP 1010.

```

=====
;MP 1000 .. 1399
;Positioning / Controlling
=====
;MP1010 Axis-specific rapid traverse. At program-end and
; program-choice is always MP1010 active.
;Input: 10 to 1 000 000 [mm/min] or [degrees/min]
MP 1010.0 : 50000
MP 1010.1 : 50000
MP 1010.2 : 50000
MP 1010.3 : 21600
MP 1010.4 : 21600
MP 1010.5 : 2000
MP 1010.6 : 2000
MP 1010.7 : 10000
MP 1010.8 : 10000
MP 1010.9 : 10000
MP 1010.10 : 10000
MP 1010.11 : 10000
MP 1010.12 : 10000
MP 1010.13 : 10000
=====

```

Per gli assi X, Y e Z la velocità dei rapidi è pari a 50000 mm/minuto.  
Mentre per l’asse rotativo C e B 21600 gradi/minuto.

Parametro relativo alla velocità d'avanzamento degli assi in manuale.

### MP 1020.

```
┌ ;MP1020 Axis-specific manual feed rate  
└ ;Input: 10 to 1 000 000 [mm/min] or [degrees/min]  
MP 1020.0 : 1333  
MP 1020.1 : 1333  
MP 1020.2 : 1333  
MP 1020.3 : 1333  
MP 1020.4 : 1333  
MP 1020.5 : 10  
MP 1020.6 : 10  
MP 1020.7 : 10  
MP 1020.8 : 10  
MP 1020.9 : 10  
MP 1020.10 : 10  
MP 1020.11 : 10  
MP 1020.12 : 10  
MP 1020.13 : 10  
MP 1020.14 : 10  
MP 1020.15 : 10  
MP 1020.16 : 10  
MP 1020.17 : 10
```

In questo caso la velocità degli avanzamenti in manuale è uguale per tutti gli assi, 1333 mm/minuto.

Parametro relativo all'accelerazione degli assi.

### MP 1060.

```
-----  
;MP1060 Axis-specific acceleration  
;Input: 0.001 to 500 [m/s^2] or [1000°/s^2]  
MP 1060.0 : 6  
MP 1060.1 : 5.3  
MP 1060.2 : 4.8  
MP 1060.3 : 4.3  
MP 1060.4 : 2.6  
MP 1060.5 : 0.001  
MP 1060.6 : 0.001  
MP 1060.7 : 0.001  
MP 1060.8 : 0.001  
MP 1060.9 : 0.001  
MP 1060.10 : 0.001  
MP 1060.11 : 0.001  
MP 1060.12 : 0.001  
MP 1060.13 : 0.001  
MP 1060.14 : 0.001  
MP 1060.15 : 0.001  
MP 1060.16 : 0.001  
MP 1060.17 : 0.001  
-----
```

In questo caso l'accelerazione relativa all'asse X vale  $6 \text{ m/s}^2$ .

L'accelerazione dell'asse Y  $5.3 \text{ m/s}^2$ .

L'asse Z,  $4.8 \text{ m/s}^2$ .

L'asse C,  $4.3 \text{ m/s}^2$ .

L'asse B,  $2.6 \text{ m/s}^2$ .

Parametro relativo ai Jerk.

## MP 1085.

```

;MP1085 Max. permissible axis-specific jerk during machining
;movements for the operating modes
; "Program Run Full Sequence," "Program Run Single Block,"
; and "Positioning with Manual Data Input",
; as long as feed rate not FMAX or
; feed rate < value in MP1092.
; (up to now for all axis in MP1090.0)
; MP1060.x^2 * 60000
;-----
MP1085.x >=
; MP1010.x
Input: 0.1 to 9999.9 [m/s^3] or [1000°/s^3]
MP 1085.0 : 50
MP 1085.1 : 50
MP 1085.2 : 50
MP 1085.3 : 50
MP 1085.4 : 40
MP 1085.5 : 0.1
MP 1085.6 : 0.1
MP 1085.7 : 0.1
MP 1085.8 : 0.1
MP 1085.9 : 0.1
MP 1085.10 : 0.1
MP 1085.11 : 0.1
MP 1085.12 : 0.1
MP 1085.13 : 0.1
MP 1085.14 : 0.1
MP 1085.15 : 0.1
MP 1085.16 : 0.1
MP 1085.17 : 0.1

```

In questo caso i valori sono uguali per i tre assi lineari X, Y, Z e per l'asse rotativo C e corrispondono a 50 m/s<sup>3</sup>.

Per l'asse B 40 m/s<sup>3</sup>.

Come si può constatare rispetto ai parametri Accurate i jerk sono stati aumentati, si è passati da un valore di 20 m/s<sup>3</sup> a 50 m/s<sup>3</sup>.



Parametro relativo ai jerk.

### MP 1090.

```
MP 1090.0 : 0 ;Jerk limitation if a feed rate-value is programmed  
MP 1090.1 : 0 ;Jerk limitation if feed rate FMAX is programmed
```

---

Questo parametro è esattamente uguale a quello analizzato in precedenza, non è stato modificato per la modalità fast.

Parametro relativo ai filtri nominali di posizione.

### MP 1200.

```
-----  
;MP1200 Nominal position value filter  
;Input: 0 = Single filter  
;       1 = Double filter  
;       2 = HSC filter  
;       3 = "Advanced HSC filter"  
-----  
MP 1200 : 2  
-----
```

Anche in questo caso il parametro è lo stesso, si vuole infatti un approccio dell'utensile con il pezzo simile all'Accuracy, anche se come si potrà notare dalle pagine successive la velocità d'esecuzione sarà più elevata.

Parametro relativo alla frequenza di lavoro del filtro HSC.  
**MP 1212.**

```
MP 1212 : 30 ;18  
;MP1212 cut-off frequency for for HSC filter  
;Input: 0,0 to 166,0 [Hz]
```

Il filtro lavora con una frequenza di 30 Hz. Importante confrontare questo valore con quello del parametro riferito al set "Accuracy". Infatti dato il valore molto più alto rispetto a prima, gli assi lavorano più velocemente riportando delle conseguenze sostanziali per quanto riguarda il tempo ciclo e la qualità superficiale del pezzo.

Parametro relativo al ciclo 32.

### MP 1202.

```
-----  
;MP1202 cycle 32 3D milling - predefined tolerance  
;Input: 0,0000 to 3,0000 [mm]  
MP 1202.0 : 0.02 ;Corners with movement with machining feed rate  
MP 1202.1 : 0.1 ;Corners with movement with rapid traverse  
-----
```

In questo caso il ciclo 32 è stato “alzato” volutamente, in modo tale che aumentando la tolleranza di scostamento dalla traiettoria, il controllo possa interpolare gli assi più velocemente permettendosi di “uscire” dalla linea di lavorazione programmata per un massimo di 0,02 mm.

Di seguito viene riportata una tabella per descrivere l'organizzazione delle fasce con i parametri (CAM e macchina) variati per ogni fascia e i tempi ciclo ad essi legati.

	1' Fascia	2' Fascia	3' Fascia	4' Fascia	5' Fascia	6' Fascia	7' Fascia	8' Fascia	9' Fascia	10' Fascia	11' Fascia	12' Fascia
Errore cordale [mm]	0,01	0,003	0,005	0,01	0,01	0,01	0,003	0,005	0,01	0,01	0,003	0,003
Standard	X	X	X	/	/	X	X	X	/	/	/	/
Sincrono	/	/	/	/	X	/	/	/	/	X	/	/
Asincrono	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Sincrono ottimizzato	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Asincrono ottimizzato	/	/	/	X	/	/	/	/	X	/	X	X
Parametri macchina Fast	X	X	X	X	X	/	/	/	/	/	/	/
Parametri macchina Accuratezza	/	/	/	/	/	X	X	X	X	X	X	X
3 digit	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	X
4 digit	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	X	/
Dati modificati		Jerk		Filtri nominali di posizione		Ciclo 32						
Standard		50 m/s <sup>3</sup>		30 Hz (HSC)		0,02 mm						
Accuratezza		20 m/s <sup>3</sup>		18 Hz (HSC)		0,003 mm						
Parametri		(MP 1085)		(MP 1200) HSC		(MP 1202)						
				Tempi ciclo		Singola fascia						
1' Fascia a 5' Fascia				01:30:33		00:18:07						
6' Fascia a 10' Fascia				02:25:23		00:29:05						
11' Fascia				00:22:00		00:22:00						
12' Fascia				00:17:52		00:17:52						

Con la X rossa vengono segnati i parametri interessati per ogni fascia. In blu vengono riportati i dati relativi ai parametri macchina modificati. In verde i tempi ciclo per ogni fascia.

A livello qualitativo l'organizzazione delle fasce segue un ordine ben preciso in quanto "va dalla peggiore alla migliore". In particolare la 5' fascia risulta essere qualitativamente migliore tra quelle del gruppo 1 – 5 e la 10 per il gruppo 6 – 10.

Prima di riportare i risultati ottenuti è necessario documentare:

## LA LAVORAZIONE DEL PEZZO.

*Zero al centro del pezzo con offset di  $Z=0$  a livello della superficie grezza.*

Il materiale lavorato è una lega di acciaio al cromo X37CrMoV5-1 con dimensioni pari a 300x200x100 mm ed è stato sottoposto a 5 lavorazioni:

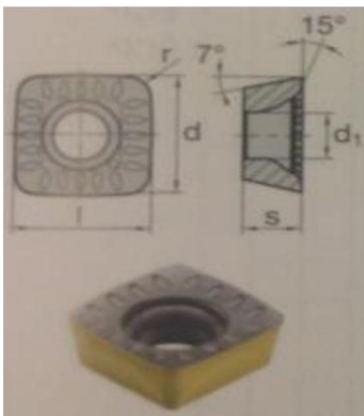
### 1) Sgrossatura tramite spianatura

Come prima lavorazione di sgrossatura viene eseguita una spianatura. Dopo lo staffaggio in macchina tramite morsa viene sgrossato con i seguenti dati di taglio ed utensili:

Fresa per spianatura diametro 32 mm

Numero di denti = 4

Placchette a 4 taglienti con rompi truciolo XCNT (cod. LMT)



Velocità di taglio = 195 m/min

Numero di giri = 1943 giri/min

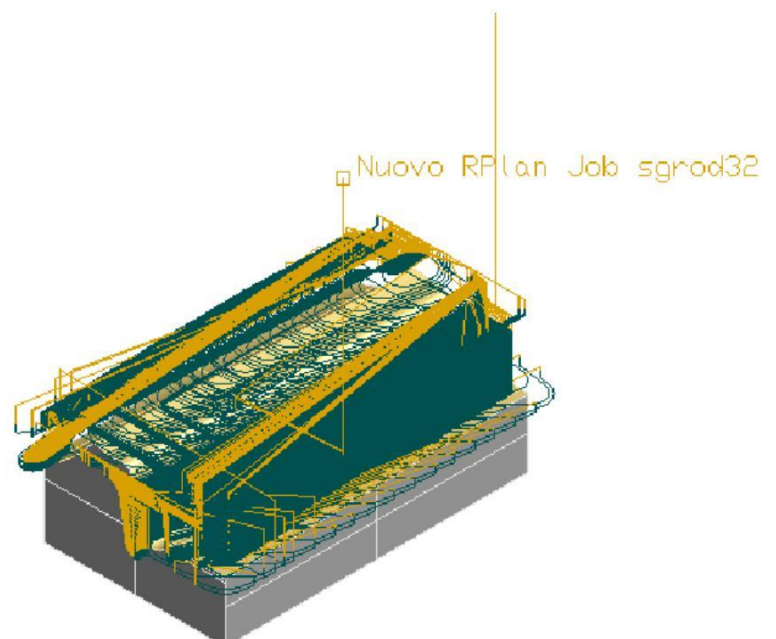
Avanzamento al dente = 0,72 mm/min

Avanzamento di lavoro = 7000 mm/min

Profondità di passata = 0,5 mm

Passata laterale = 21 mm

Tempo ciclo = 00:40:45



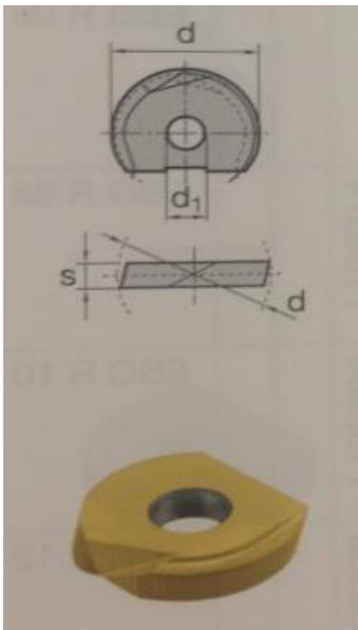
## 2) Sgrossatura della cava

Dopo la prima sgrossatura che serviva sostanzialmente per avvicinarsi il più possibile al profilo voluto, viene eseguita una seconda sgrossatura nella quale viene realizzata la prima cava del pezzo.

Fresa a candela diametro 12 mm

Numero d'inserti = 1

Inserto a due taglienti di tipo WPR 12 CF (cod. LMT)



Velocità di taglio = 180 m/min

Numero di giri = 4780 giri/min

Avanzamento al dente = 0.3 mm/min

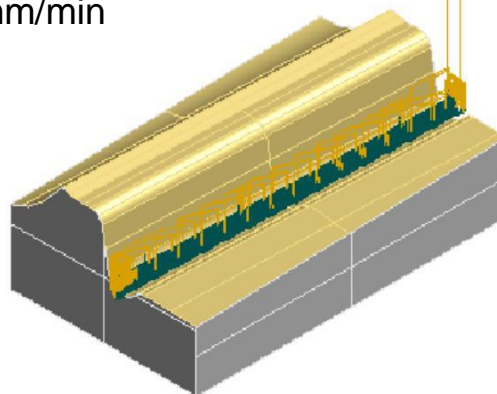
Avanzamento di lavoro = 2870 mm/min

Profondità di passata = 0.25 mm

Passata laterale = 8 mm

Tempo ciclo: 00:09:32

Nuovo RPlan Job sgrad12r1



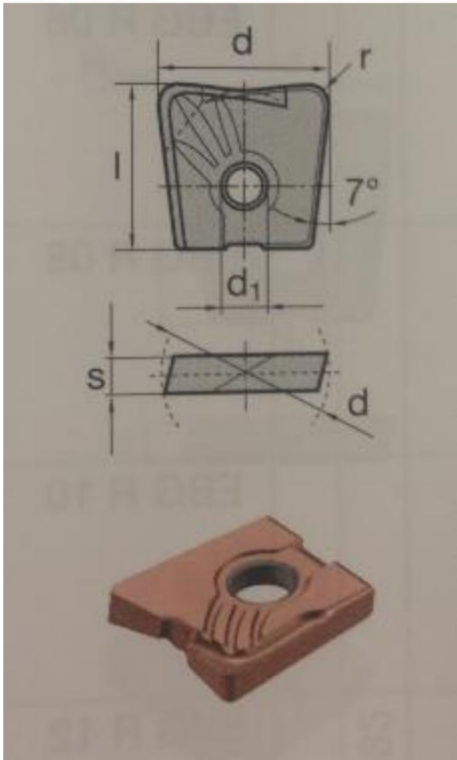
### 3) Ripresa sgrossatura della cava

Finita la prima sgrossatura viene eseguita un'ulteriore ripresa della cava.

Fresa a candela diametro 16 mm

Numero d'inserti = 1

Inserto a due taglienti di tipo Wiper WPB 16 AF 10 (cod. LMT)



Velocità di taglio = 300 m/min

Numero di giri = 6000 giri/min

Avanzamento al dente = 0.44 mm/min

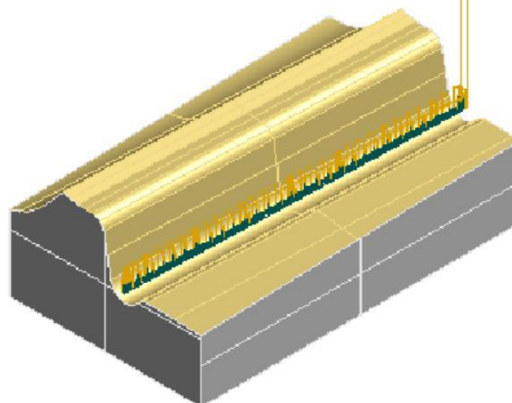
Avanzamento = 5329 mm/min

Profondità di passata = 0.2 mm

Passata laterale = 0.3 mm

Tempo ciclo: 00:03:24

Nuovo RPlan Job sgrid16





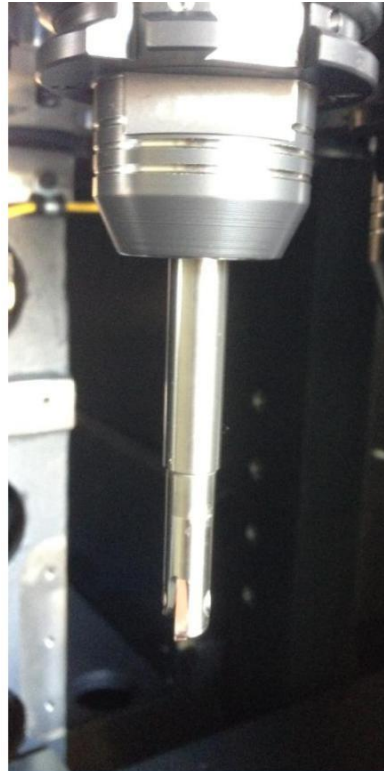
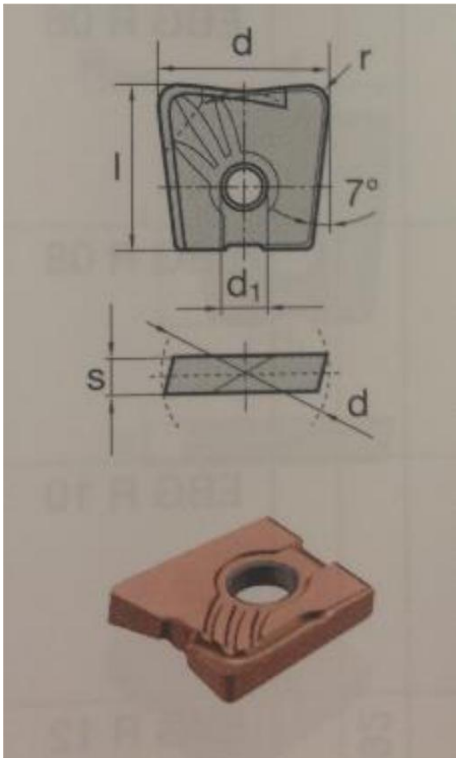
## 4) Prefinitura

Dopo aver eseguito tutte le fasi di sgrossatura, si può passare ad una prefinitura per avvicinarsi il più possibile alla geometria finale del profilo.

Fresa a candela diametro 16 mm

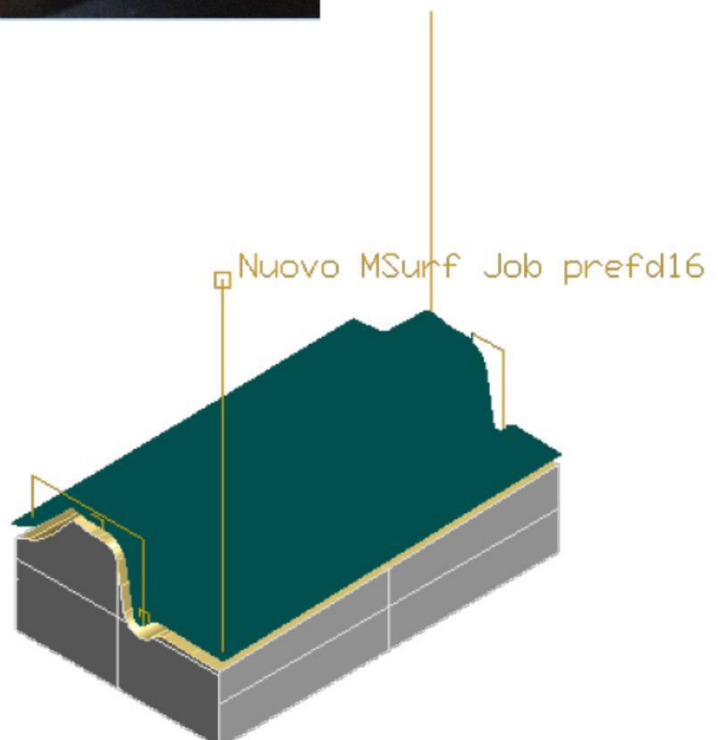
Numero d'inserti = 1

Inserto a due taglienti di tipo Wiper WPB 16 AF 10 (cod. LMT)



Velocità di taglio = 300 m/min  
Numero di giri = 6000 giri/min  
Avanzamento al dente = 0.44 mm/min  
Avanzamento = 5329 mm/min  
Profondità di passata = 0.2 mm  
Passata laterale = 0.3 mm

Tempo ciclo 01:20:30



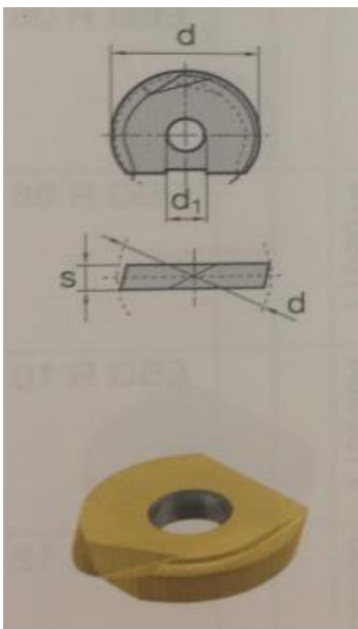
## 5) Finitura

L'ultima fase è la finitura in cui viene eseguita l'ultima lavorazione. E' proprio in questa fase che i parametri macchina e CAM vengono cambiati a seconda della fascia che si sta lavorando. In questo caso il programma è stato tagliato in due per poter permettere il cambio di parametri macchina tra la fine della 5' fascia e l'inizio della 6' (i parametri CAM invece sono variati automaticamente da programma). Di seguito sono riportati i parametri di taglio e gli utensili che sono stati usati per la finitura.

Fresa a candela diametro 12 mm

Numero d'inserti = 1

Inserto a due taglienti di tipo WPR 12 CF (cod. LMT)



Velocità di taglio = 384 m/min

Numero di giri = 10200 giri/min

Avanzamento al dente = 0.11 mm/min

Avanzamento = 2400 mm/min

Profondità di passata = 0.1 mm

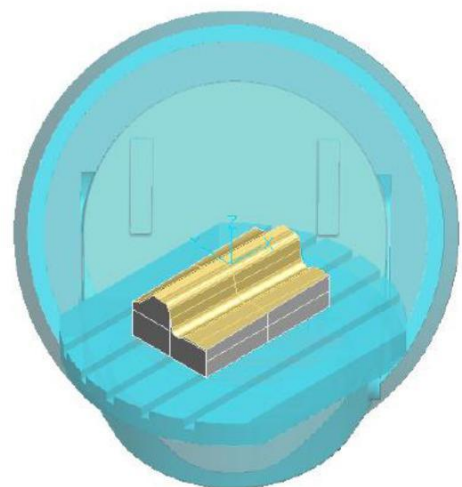
Passata laterale = 0.1 mm

Tempo ciclo 01:30:33, per le fasce da 1 a 5

Tempo ciclo 02:25:23, per le fasce da 6 a 10

Tempo ciclo 00:22:00, per le fascia 11

Tempo ciclo 00:17:52, per la fascia 12



A lavorazione finita è necessario rilevare la qualità della superficie. Come già anticipato in precedenza per eseguire questo tipo di operazioni è stata contattata la Bruker Corporation, società specializzata in strumenti di misura ottici.

Lo scopo è quello di analizzare le 12 fasce con una macchina ottica laser.

Questo dispositivo ottico sfrutta il principio dell'interferometria. In particolare vengono inviati due fasci di luce, che una volta tornati indietro creano un modello 3D sulla base delle interferenze incontrate.

Il principio è lo stesso che viene utilizzato a livello astronomico.

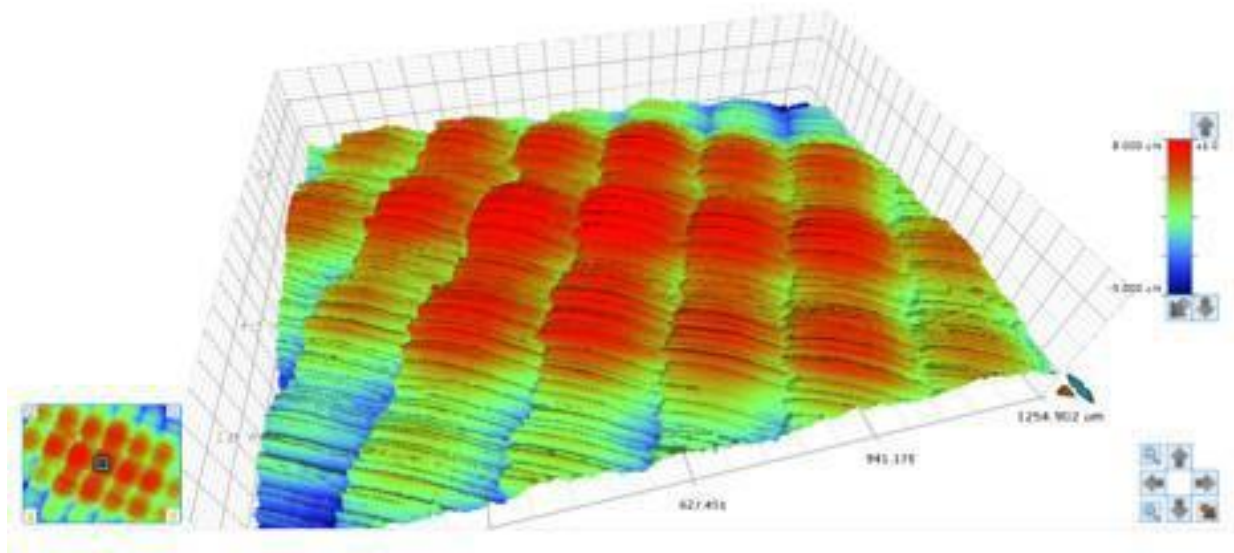


Purtroppo le misure ottiche non vengono effettuate direttamente sul pezzo semplicemente perché risulta troppo pesante da poter sistemare sul sistema di misura ottico. Così viene applicata sulla superficie una resina bicomponente fornita dal Politecnico di Milano con l'obiettivo di creare una replica della superficie (più leggera e gestibile).



*Le resine bicomponente sono in grado di riprodurre caratteristiche delle superfici fino a  $0,1 \mu m$  (inferiore alla risoluzione del microscopio ottico).*

Le analisi ottiche sono state eseguite su una sezione (1mm x 1mm) di tutte e 12 le fasce, si è scelto però di attuare un confronto tra le fasce 1, 5, 6 e 10. Questo per risaltare di più le differenze e avere un risultato più chiaro. (Sono state scelte infatti delle aree in cui la differenza tra le misure dovrebbe risultare più evidente).

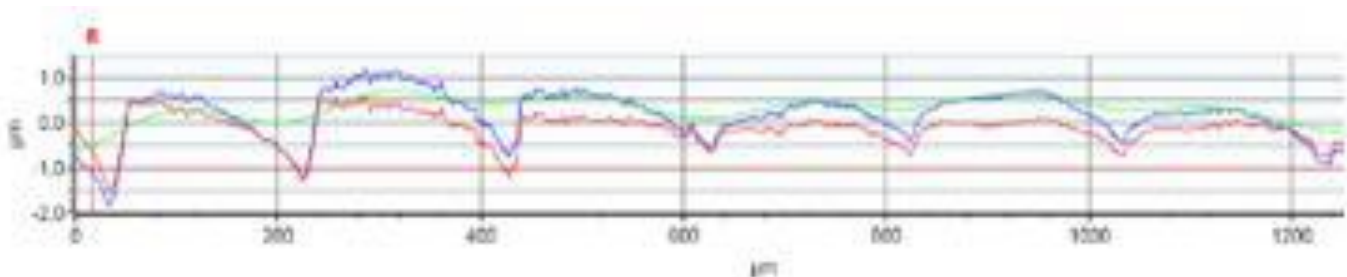


Si è partiti con l'analisi della rugosità di linea per un primo approccio al pezzo, anche se non sono sufficienti per determinare la bontà o meno della lavorazione. Dopo di che si è passati ad un'analisi tramite:

- Trasformata di Fourier
- Rugosità 3D, con Incremento di area "Sdr" e Slope media "Sdq"

# RUGOSITA' DI LINEA

## Area 1



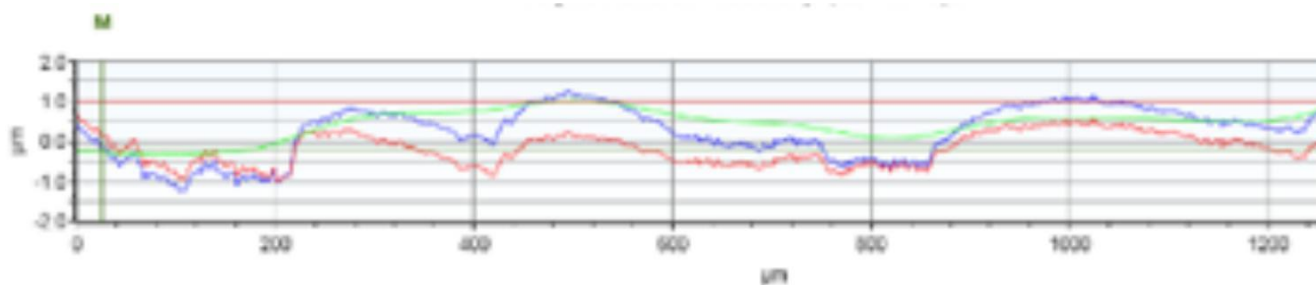
Vengono analizzate le rugosità bidimensionali. In questo caso come si può vedere dal grafico, i valori di rugosità non sono costanti.

Questa incostanza crea una rugosità tipica di una superficie che ad occhio nudo, si può definire qualitativamente scarsa.

*In verde il profilo su larga scala, in rosso la rugosità relativa e in blu la somma tra le due.*

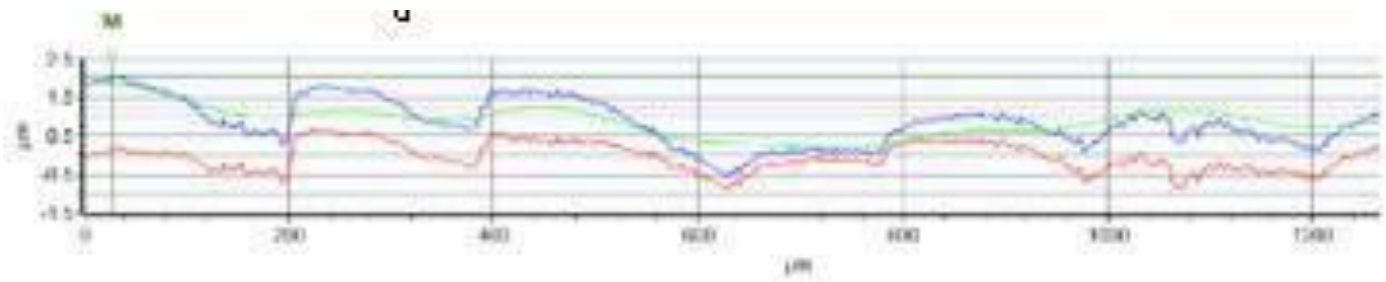
Label	Value	Units
Ra	0.246	$\mu\text{m}$
Rq	0.315	$\mu\text{m}$
Rsk	-1.126	
Rku	3.642	
Rz	1.253	$\mu\text{m}$
Rp	0.412	$\mu\text{m}$
Rv	0.841	$\mu\text{m}$
Rt	2.103	$\mu\text{m}$

## Area 5



Vengono analizzate le rugosità bidimensionali. In questo caso come si può vedere dal grafico, i valori di rugosità non sono costanti, ma più allineati rispetto alla fascia precedente. Ciò comporta una superficie qualitativamente migliore grazie ad una migliore distribuzione delle creste.

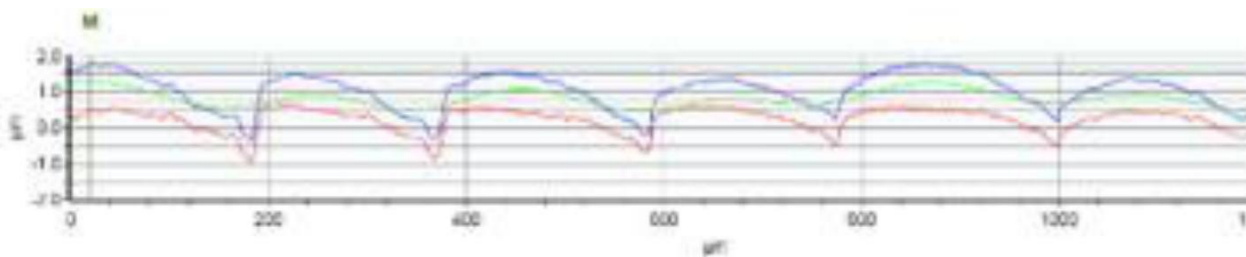
Label	Value	Units
Ra	0.331	$\mu\text{m}$
Rq	0.373	$\mu\text{m}$
Rsk	-0.241	
Rku	1.854	
Rz	1.132	$\mu\text{m}$
Rp	0.513	$\mu\text{m}$
Rv	0.62	$\mu\text{m}$
Rt	1.561	$\mu\text{m}$



Vengono analizzate le rugosità bidimensionali.  
Dall'andamento non costante della sinusoide come detto prima si hanno delle conseguenze per quanto riguarda la qualità superficiale.

Watch List		
Label	Value	Units
Ra	0.294	$\mu\text{m}$
Rq	0.359	$\mu\text{m}$
Rsk	-0.153	
Rku	2.133	
Rz	1.134	$\mu\text{m}$
Rp	0.47	$\mu\text{m}$
Rv	0.665	$\mu\text{m}$
Rt	1.563	$\mu\text{m}$

## Area 10



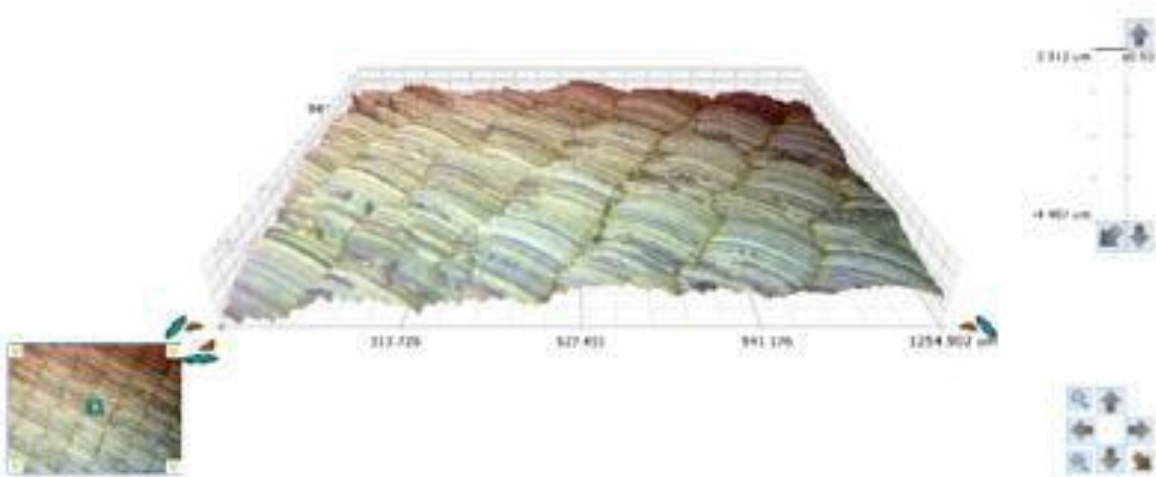
Vengono analizzate le rugosità bidimensionali.  
In questo caso l'andamento della sinusoide è costante e rispetto alle fasce precedenti ho dei risultati evidenti anche a livello qualitativo.

Watch List		
Label	Value	Units
Ra	0.275	$\mu\text{m}$
Rq	0.333	$\mu\text{m}$
Rsk	-1.034	
Rku	3.337	
Rz	1.331	$\mu\text{m}$
Rp	0.381	$\mu\text{m}$
Rv	0.951	$\mu\text{m}$
Rt	1.605	$\mu\text{m}$

Data la notevole sensibilità dello strumento ottico risulta molto difficile trovare differenze evidenti.

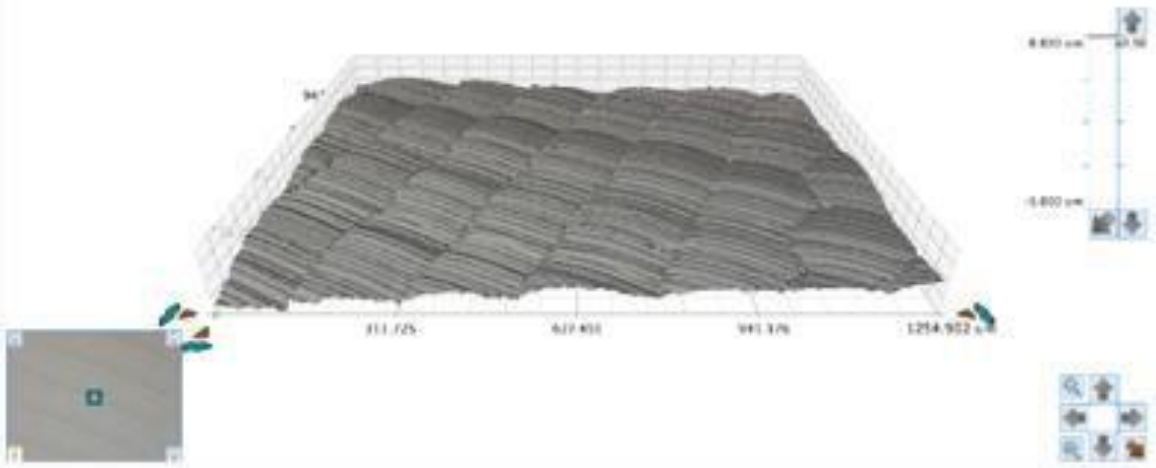
Per dimostrare in maniera evidente la differenza tra le lavorazioni vengono riportate di seguito degli ingrandimenti di viste in 3D.

### FASCIA 1



L'immagine mostra l'ingrandimento di una sezione della prima fascia, la quale risulta qualitativamente più scarsa tra tutte, ed effettivamente mostra una superficie non omogenea.

### FASCIA 10



L'immagine mostra l'ingrandimento di una sezione della decima fascia, la quale risulta qualitativamente migliore tra le prime 10. La differenza con la prima infatti è nettissima, qui la distribuzione delle creste e delle valli è più omogenea.

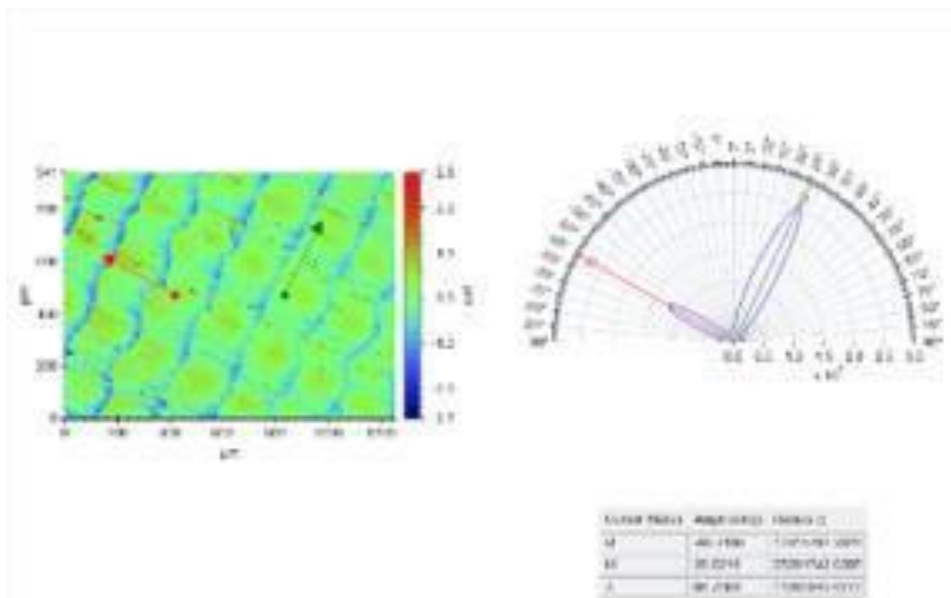
Non vengono riportate quinta e sesta perché le differenze risultano essere troppo piccole per essere apprezzate.

## CONFRONTO TRAMITE TRASFORMATTA DI FOURIER

L'operatore che consente di ottenere la risposta in frequenza  $H(f)$  a partire dalla risposta all'impulso del sistema  $h(t)$ , viene detto trasformata di Fourier.

Per spiegarsi in modo più semplice viene utilizzata per analizzare degli impulsi in ingresso ottenendo in uscita delle risposte in frequenza.

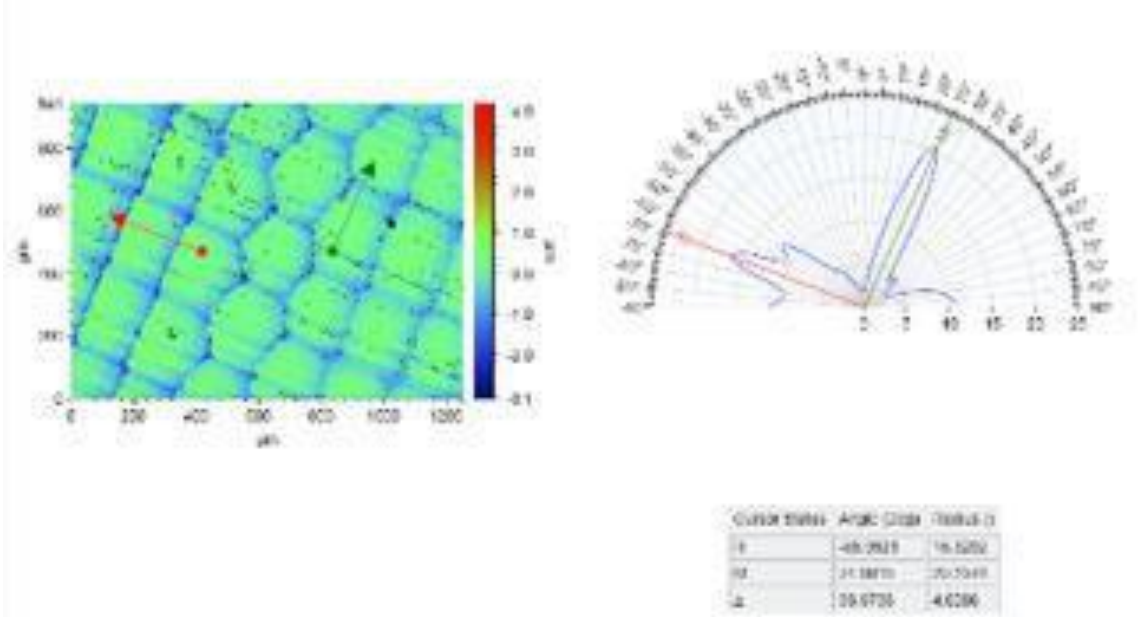
### Fascia 1



Vengono analizzati gli impulsi in due direzioni diverse, con un angolo compreso tra esse noto. Il diagramma circolare indica la variazione degli impulsi, rispetto alla direzione (linea rossa o verde) e all'angolo in cui il segnale si muove. Come si può notare dall'immagine le variazioni non sono omogenee, ciò significa che l'area 1 presenta una direzionalità della superficie notevolmente marcata in una direzione specifica (in questo caso quella verde).



Analizzando invece i grafici riferiti alla trasformata di Fourier per la fascia numero dieci:

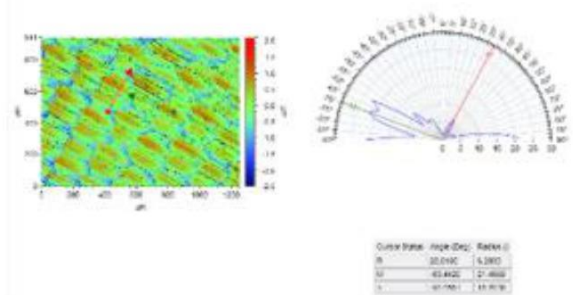
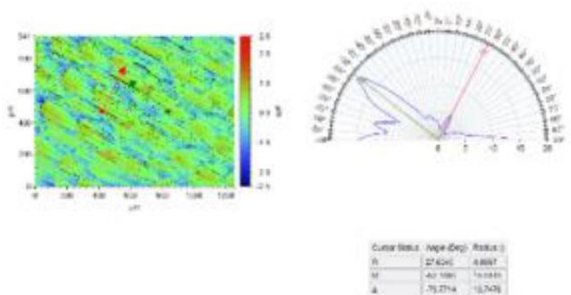


si può notare con evidenza che il grafico circolare sulla destra mostra una variazione degli impulsi maggiormente omogenea in entrambe le direzioni. Si può dire che la fascia numero dieci è più bilanciata rispetto alle altre.

Si riportano di seguito anche i grafici relativi alle fasce 5 e 6:

Fascia 5

Fascia 6



*Fascia 5: propagazione degli impulsi omogenea in una sola direzione.*

*Fascia 6: propagazione degli impulsi omogenea in una sola direzione.*

NB: Essendo le variazioni minime e lo strumento avente ordine di grandezza superiore agli strumenti generalmente utilizzati in questo tipo di analisi.

I parametri più significativi per correlarsi con la qualità visiva sono:

- Sdq, che esprime la pendenza media dei picchi sulla superficie [deg].
- Sdr, che esprime il rapporto tra l'area considerata e una superficie perfettamente planare.

### Fascia 1

Watch List			Labe	Value	Units
			Sdq	10.349	deg
			Sdr	1.637	%
Sa	0.328	µm	Sds	3051.149	1/mm <sup>2</sup>
Sdq	10.349	deg	Ssc	0.145	1/µm
Sku	4.032				
Sp	2.806	µm			

Analizzando la tabella relativa alla prima fascia, abbiamo una pendenza delle creste di 10,349 gradi, questo è un dato che andrà comparato con le fasce successive. Mentre il rapporto tra l'area e una superficie perfettamente planare vale 1,637.

### Fascia 10

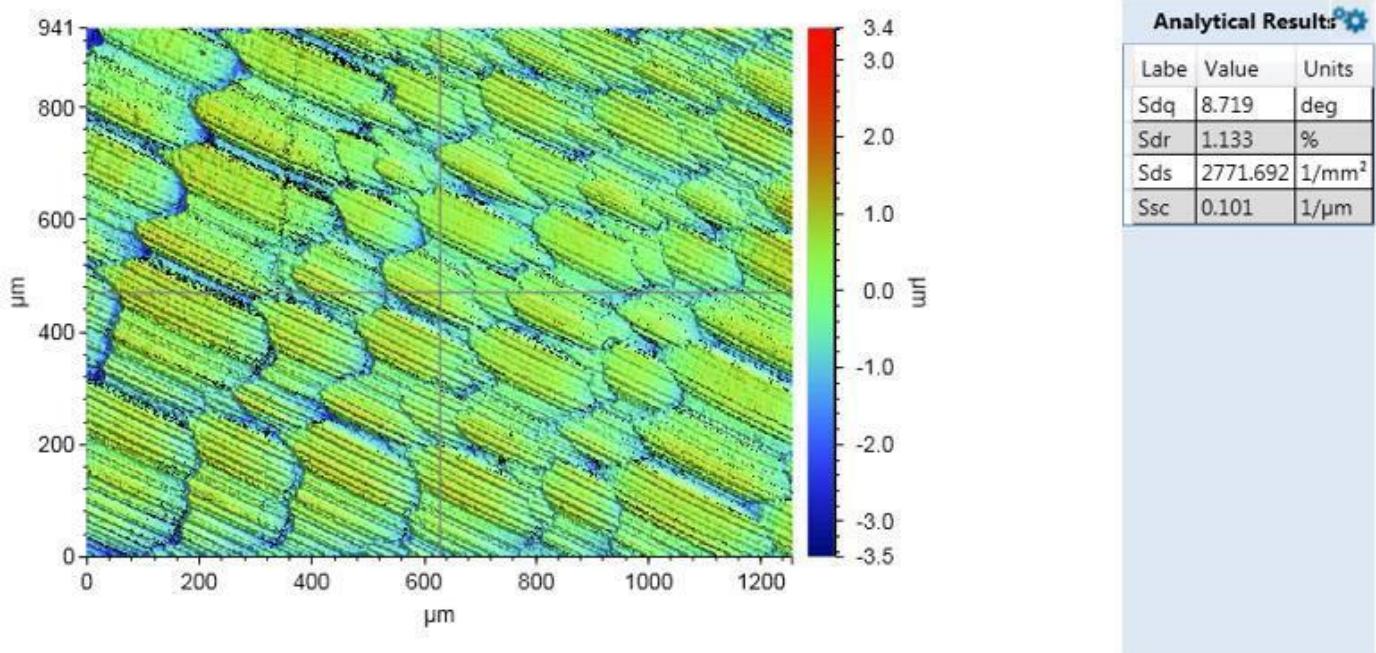
Watch List			Labe	Value	Units
			Sdq	9.207	deg
			Sdr	1.298	%
Sa	0.356	µm	Sds	2886.079	1/mm <sup>2</sup>
Sdq	9.207	deg	Ssc	0.123	1/µm
Sku	4.042				

Analizzando la fascia numero 10 si nota la differenza con la prima. Infatti l'Sdq è più basso di circa un grado, mentre il rapporto Sdr è molto più vicino al valore unitario (1) il che significa che ci si avvicina ad avere una superficie sempre più planare.

Per concludere si è cercato di creare due fasce che fossero qualitativamente impeccabili. Così sono state lavorate altre due fasce, come indicato all'inizio della relazione, dove oltre ad aver utilizzato i parametri CAM e macchina indicati in tabella (tabella organizzazione delle fasce) sono stati aggiunti altri due parametri, uno per fascia.

#### 4 DIGIT – Fascia 11

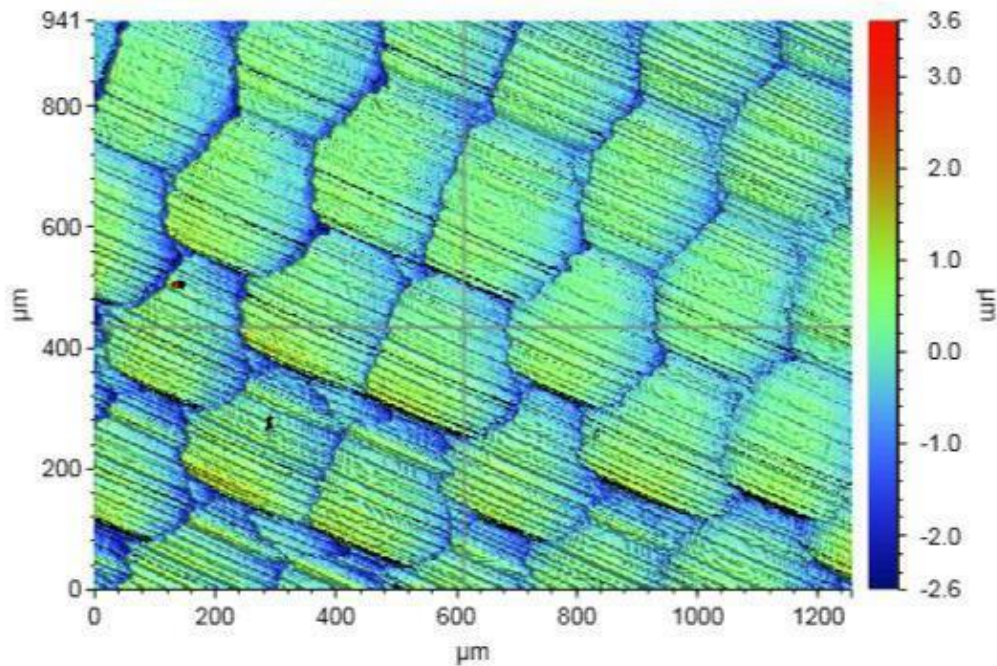
Come già anticipato in precedenza per digit si vuole intendere il numero di zeri dopo la virgola che il controllo va a gestire. Questo comporta un'analisi più dettagliata dei punti e una loro distribuzione più fitta. Tanto più è alto il numero di zeri, maggiore sarà la qualità della superficie.



Come si può vedere la distribuzione dei punti e la direzionalità della superficie sono omogenee. Inoltre i valori dell'angolo di pendenza delle creste e del rapporto tra area e superficie planare sono relativamente bassi.

Ciò dimostra, come già accennato prima una migliore qualità superficiale.

3 DIGIT – Fascia 12



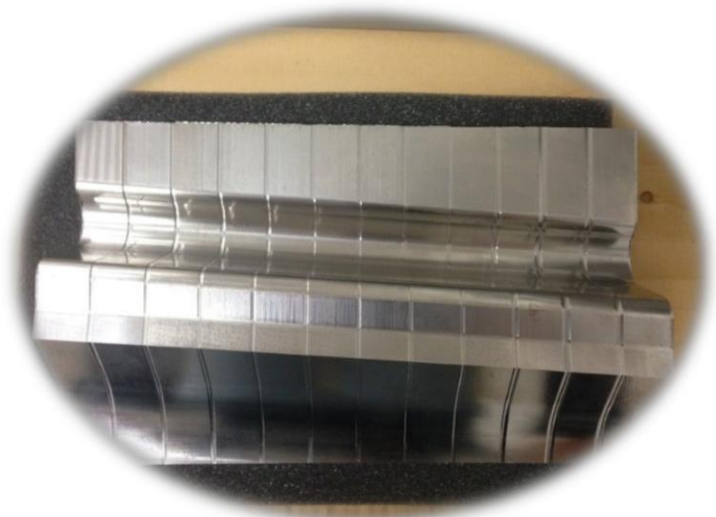
**Analytical Results**

Label	Value	Units
Sdq	8.968	deg
Sdr	1.206	%
Sds	2951.567	1/mm <sup>2</sup>
Ssc	0.111	1/µm

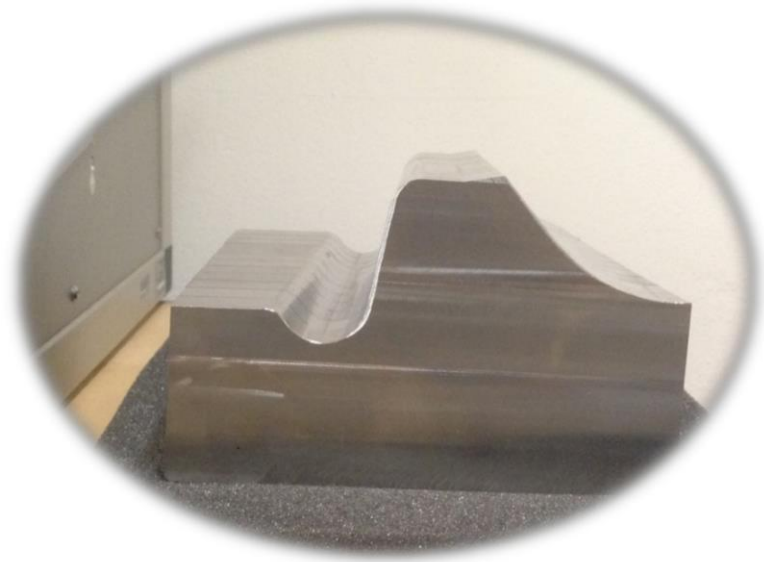
Come si può vedere la distribuzione dei punti e la direzionalità della superficie sono omogenee anche in questo caso. Vale lo stesso per i valori dell'angolo di pendenza delle creste e del rapporto tra area e superficie planare i quali sono relativamente bassi.

Rispetto alla fascia con 4 Digit, i valori di Sdq e Sdr sono coerenti rispetto al concetto di Digit chiarito in precedenza.

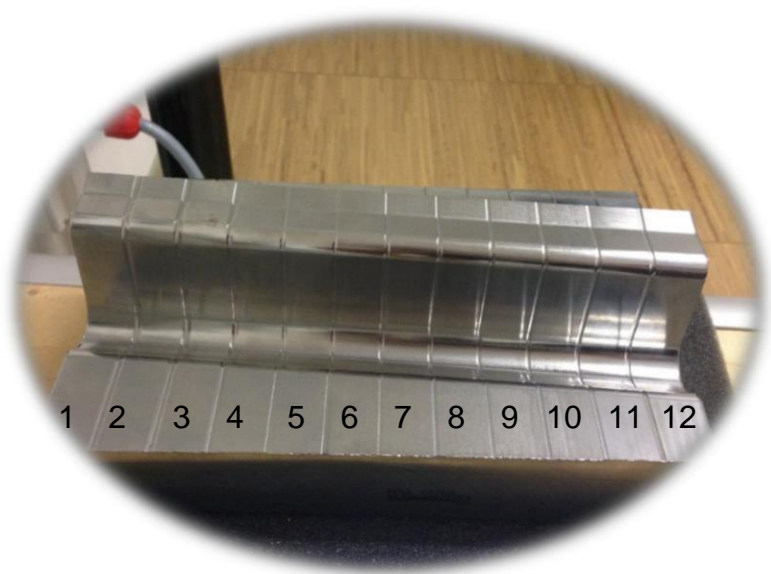
Si riportano di seguito le foto relative al pezzo finito:



Vista dall'alto



Vista laterale



Vista frontale

## CONCLUSIONE:

Si è riusciti a dimostrare che l'utilizzo di parametri CAM e macchina influisce a tutti gli effetti sugli esiti della lavorazione. Il pezzo lavorato mostra le caratteristiche che si possono vedere in foto. Le fasce hanno un ordine qualitativo crescente, cioè si va dalla migliore alla peggiore. Questo risultato però a causa delle misure millesimali in gestione, non è apprezzabile ad occhio nudo.

**La qualità superficiale è importante soprattutto nel mercato degli stampi (in particolare settore plastico). Infatti si risparmia del tempo e del lavoro agli operatori che devono lucidare a mano tramite un'apposita mola l'interno degli stampi.**

1:



12:



Si possono notare grosse differenze solo tra le prime e le ultime fasce (come analizzato in precedenza)



HEIDENHAIN

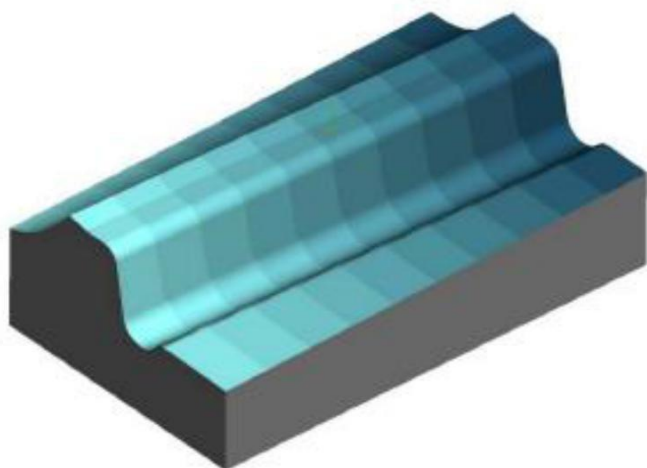
# PRECISAMENTE

## WORKSHOP SULLE TECNOLOGIE DEI PROCESSI DI FRESATURA STAMPI

Martedì 14 giugno 2016 h. 9,30 – 17,00  
c/o Centro di Formazione HEIDENHAIN ITALIANA  
Via Alghero 19 - Milano

Per essere competitivi in un mercato sempre più esigente e globale è necessario un approccio imprenditoriale orientato alla qualità e aperto all'innovazione. **Accuratezza, efficienza e sicurezza** sono tra le sfide che le aziende del settore stampi si trovano a dover affrontare quotidianamente. La **sinergia tra tecnologie all'avanguardia** permette di **ottimizzare i processi produttivi**, collocando al centro dell'azienda la qualità del prodotto.

Attraverso il workshop "Precisamente", HEIDENHAIN ITALIANA e Tebis Italia si propongono di illustrare le **più evolute strategie di fresatura** di forme 3D in una filiera produttiva completa, dal modello matematico al truciolo per arrivare al controllo di misura in macchina interattivo. La combinazione di **controllo numerico, utensile** e strategie diversificate di **distribuzione punti** consente di individuare il set up ottimale per la macchina per conseguire il risultato desiderato in termini di qualità superficiale e accuratezza dimensionale.



### Obiettivo

Fornire gli strumenti più evoluti per generare i migliori percorsi utensile e ottenere il massimo dalle vostre macchine, sfruttando le tolleranze e mantenendo le traiettorie.

### Metodologia

L'analisi verrà proposta attraverso la realizzazione di un particolare in acciaio da stampi, dove saranno confrontate le diverse soluzioni tecnologiche, secondo una lavorazione comparativa a fasce parallele.

### Destinatari

Responsabili di produzione e d'officina, progettisti CAD/CAM, responsabili di commessa, operatori esperti.

**Un incontro esclusivo con le tecnologie, da non perdere!**



## Agenda

09,30 - 10,00	Registrazione dei partecipanti
10,00 - 10,15	Apertura lavori, presentazione della giornata - Maurizio Cameletti
10,15 - 10,45	<b>HEIDENHAIN ITALIANA</b> - Ezio Beltramo Il ruolo del controllo numerico nell'ottimizzazione delle lavorazioni
10,45 - 11,15	<b>Tebis Italia</b> – Mario Pittatore, Marco Piccoli Strategie CAD e CAM per produrre qualità
11,15 - 11,30	Pausa caffè
11,30 - 12,00	<b>LMT-TOOLS</b> - Stefano Teglia La scelta e l'uso appropriato degli utensili di taglio nella fresatura
12,00 - 12,30	<b>Alleantia</b> - Stefano Linari Acquisizione e comunicazione dati di processo: IoT (Internet of Things)
12,30 - 13,00	<b>Bruker Italia</b> - Francesco Biancardi Metrologia ottica di superfici
13,00 - 14,30	Pausa pranzo
14,30 - 15,30	Prove di fresatura in macchina e tavoli di lavoro
15,30 - 15,45	Pausa caffè
15,45 - 17,00	Dibattito e conclusioni

Introduce e modera: Maurizio Cameletti, HEIDENHAIN ITALIANA

### Modalità di iscrizione

La partecipazione al workshop è libera e gratuita.  
Le iscrizioni sono aperte a due persone per ogni azienda.

Per iscriversi è sufficiente inviare una e-mail entro il 9 giugno all'indirizzo [corsi@heidenhain.it](mailto:corsi@heidenhain.it) indicando nome, cognome, telefono ed e-mail dei partecipanti.

### Informazioni

Per informazioni potete contattare il nostro ufficio corsi al numero 0125 614 440 oppure scrivere una mail all'indirizzo [corsi@heidenhain.it](mailto:corsi@heidenhain.it)





## GRUPPO DI LAVORO:

### **HEIDENHAIN ITALIANA S.r.l:**

- Alberto Cattaneo - Responsabile Service e Applicazioni
- Tecnico responsabile TNC, Stefano Castello - Tecnico Service
- Tecnico responsabile TNC, Stefano Cardellini - Programmatore
- Tecnico responsabile TNC, Alessandro Brioschi - Stagista

### **LMT utensili Italia:**

- Responsabile utensili, Stefano Teglia - Manager/Tecnico utensili LMT

### **Tebis Italia:**

- Autore programma CAM, Maurizio Rege - Tecnico CAM
- Responsabile programma CAM, Marco Piccoli - Responsabile tecnici

### **Bruker:**

- Responsabile rilevamento superfici, Francesco Biancardi

Fine.