

# SEMINARIO “LA FRESATURA DEL METALLO DURO”

VENERDÌ 6 NOVEMBRE 2015  
DIPARTIMENTO DI MECCANICA DEL POLITECNICO DI MILANO





# PROGRAMMA

Saranno presentate le potenzialità della fresatura del metallo duro mediante utensili di fresatura TTE - serie UDC, mostrando la produzione di punzoni.

Sarà possibile osservare dal vivo sia la lavorazione a bordo macchina (MIKRON HPM 450U), sia la fase di misura e controllo dei pezzi per verificarne la geometria e la qualità superficiale.

La produttività e la qualità ottenuta mediante fresatura saranno confrontate con le prestazioni dell'elettroerosione a tuffo.

Previste due sessioni con inizio delle lavorazioni di fresatura alle ore 9:30 e alle ore 14:00.

## INDICE

	.....	pg 3
	.....	pg 5
	.....	pg 7
	.....	pg 9
	.....	pg 11
	.....	pg 13
	.....	pg 15

POLITECNICO DI MILANO



# MANUFACTURING

Support the Manufacturing and Production Systems research line



DIPARTIMENTO DI MECCANICA

### Description

The Manufacturing Lab mission is to integrate all the activities required to transform ideas into products. In order to fulfill this mission it is organized in the following areas: MI\_crolab - Micro Machining Laboratory; SITEC Laboratory for Laser Application; WJ Lab - Waterjet Laboratory; Geometrical Metrology Lab; Manufacturing Systems Lab.

### Certifications

ISO 9001:2008 certification for the following activities:

- Coordinate Measuring Machine (CMM) performance verification according to ISO 10360.
- Masters calibration by means of CMM according to ISO 15530.
- Calibration of Vernier calipers according to ISO 13385.
- Calibration of micrometers for external measurement according to UNI 9191.

### References

Adige S.p.A., Biesse S.p.A., Comau S.p.A., Marposs S.p.A., Media Lario Technologies S.r.l., Speroni S.p.A., Tenova S.p.A.

### Department Address

Dipartimento di Meccanica  
Building B23  
via La Masa, 1  
20156 Milano - Italy  
telephone: +39 02 2399 8500  
fax: +39 02 2399 8202  
e-mail: info-dmec@polimi.it

### Website

[www.mecc.polimi.it](http://www.mecc.polimi.it)

### Laboratory Address

Building B23  
via La Masa, 1  
20156 Milano - Italy

POLITECNICO DI MILANO

### Instrumentation & Facilities

- Ultra precision 5 axis CNC machining center Kern EVO.
- Manufacturing Laser systems 3 kW IPG Ytterbium Fiber Laser.
- Micro-Laser system with 1 mJ IPG Pulsed Ytterbium Fiber Lasers.
- Water Jet cutting system Tecnocut IDRO 1740 with Flow intensifier pump up to 380 MPa.
- Infrared camera FLIR SC3000 (Spectral range  $8 \pm 9 \mu\text{m}$ , T:  $-20 \pm 1500 \text{ }^\circ\text{C}$ ).
- Piezoelectric Dynamometers for cutting forces measurement in turning and milling.
- Alicona Infinite Focus micro coordinate measurement system (resolution up to 10 nm).
- Zeiss Prismo 5 VAST MPS HTG coordinate measuring machine (E0, MPE =  $2,0 + L/300 \mu\text{m}$ ).
- Microrep DMS 680 universal length measuring system (E0, MPE =  $0,5 \mu\text{m}$ ).
- Virtual Factory Framework Virtual Reality Environment.
- CAD/CAM SW. VERICUT, ARENA, SIMIO, SIEMENS NX, ABAQUS, CATIA, IBM ILOG.

### Activities

#### MI\_crolab - Micro Machining Laboratory

- Test and analysis of micro tools.
- Cutting strategy analysis.
- High precision micromachining.
- Feasibility studies for high precision workpieces.

#### SITEC Laboratory for Laser Application

- Laser welding.
- Laser cutting.
- Laser cladding.
- Laser based heat treatments.
- Laser surface texturization.
- High precision micro-laser welding and cutting.
- Laser process monitoring.

#### WJ Lab - Waterjet Laboratory

- Special cutting heads design and test.
- Waterjet process customization.
- Cutting parameters optimization.
- WJ process monitoring.
- High precision pure and abrasive waterjet cutting.

#### Geometrical Metrology Lab

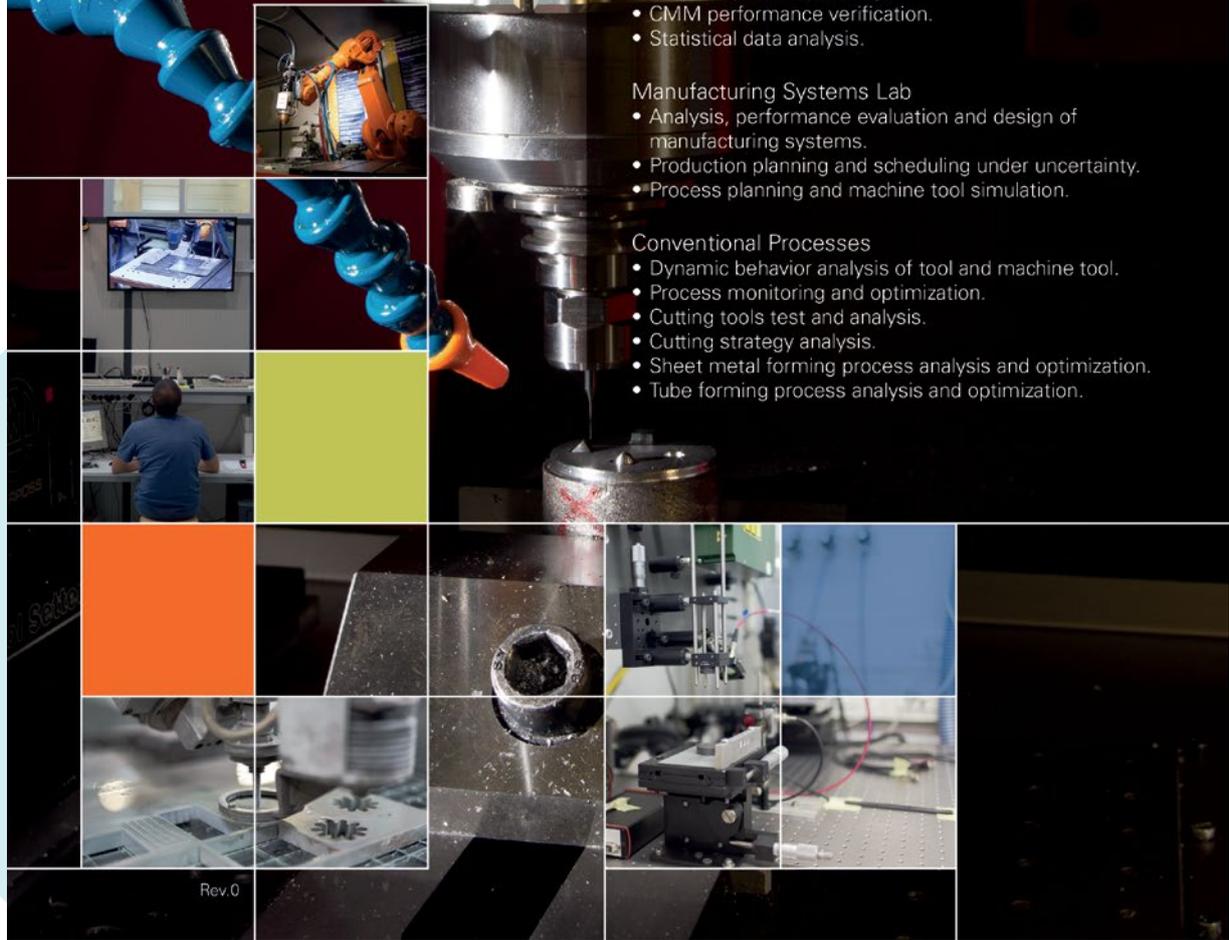
- Optical 3D micro-measurements.
- Dimensional and geometrical calibrations.
- CMM inspection planning.
- CMM performance verification.
- Statistical data analysis.

#### Manufacturing Systems Lab

- Analysis, performance evaluation and design of manufacturing systems.
- Production planning and scheduling under uncertainty.
- Process planning and machine tool simulation.

#### Conventional Processes

- Dynamic behavior analysis of tool and machine tool.
- Process monitoring and optimization.
- Cutting tools test and analysis.
- Cutting strategy analysis.
- Sheet metal forming process analysis and optimization.
- Tube forming process analysis and optimization.



## Contatti



**Professor Massimiliano Annoni**  
massimiliano.annoni@polimi.it

**Ing. Giacomo Didoni**  
giacomo.didoni@polimi.it



Via G. La Masa, 1 - 20156 Milano - Italia  
Tel +39 02.2399.8530 - Fax +39 02.2399.8585

## TTE S.R.L. technical tools and equipment

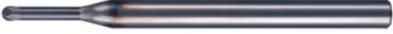
È una società leader nella distribuzione e costruzione di utensili speciali e standard che pone molta attenzione a soddisfare le esigenze del cliente aiutandolo costantemente nella scelta del giusto prodotto al miglior prezzo. È specializzata nella distribuzione di microfresse, fresse, micropunte e punte.

<b>SFIDE E SOLUZIONI</b>	Un'esigenza, più soluzioni. Più di 20 anni di esperienza nella fresatura e foratura, oggi ci permettono di offrirvi soluzioni tecniche d'avanguardia.
<b>I NOSTRI PRODOTTI</b>	Oggi tte offre prodotti specifici per ogni settore e speciali geometrie per ogni problema. Tutti i prodotti beneficiano della nostra esperienza.
<b>LA NOSTRA CONSULENZA</b>	Siamo specializzati nella fornitura di prodotti di alta qualità. Lavorando a stretto contatto con i nostri clienti, sviluppiamo e risolviamo le problematiche che di giorno in giorno si presentano.

IL **CLIENTE TTE** NON ACQUISTA UN PRODOTTO MA SOLUZIONI COLLAUDATE ATTE A MIGLIORARE LA QUALITA' E L'EFFICIENZA DEL PROPRIO PROCESSO PRODUTTIVO.

## UTENSILI PER LA LAVORAZIONE DEL METALLO DURO

### Serie UNIMAX

<b>UDCBF</b>		Fresa 2T sferica serie corta
<b>UDCLBF</b>		Fresa 2T sferica per nervature
<b>UDCB</b>		Fresa 2T sferica serie corta
<b>UDCLB</b>		Fresa 2T sferica per nervature
<b>UDCLRS</b>		Fresa 2T torica per nervature
<b>UDCMX</b>		Micropunta serie corta
<b>UDCT</b>		Fresa a filettare

# OPERAZIONI DI FRESATURA SU PUNZONE IN MD K30B

Dimensioni punzone 23 x 23 x 30h



## • Utensili impiegati per la lavorazione:



**UDCB** Fresa sferica 2T  
**UDCB 2040-0280**



**UDCLRS** Fresa torica 2T  
**UDCLRS 2020-010-020**



**UDCB** Fresa sferica 2T  
**UDCB 2010-0070**

## • Parametri di lavoro:

### PARAMETRI SGROSSATURA

UDCB 2040-0280

S= 20.000 g/min  
F= 200 mm/min - F1= 105 mm/min  
Ang Rampa= 1°  
Ad= 0,15 mm  
Rd= 0,35 mm  
Off set= 0,07 mm  
Run out= 0,005 mm

Tempo di lavoro = 35 minuti

### PARAMETRI SGROSSATURA

UDCLRS 2020-010-020

S= 20.000 g/min  
F= 375 mm/min - F1= 175 mm/min  
Ang Rampa= 30°  
Ad= 0,02 mm  
Rd= 1,8 = 0,001  
Off set= 0,02 mm  
Run out= 0,02 mm

Tempo di lavoro = 40 minuti

### PARAMETRI FINITURA

UDCB 2010-0070

S= 20.000 g/min  
F= 200 mm/min - F1= 20 mm/min  
Ang Rampa= 30°  
Ad= 0,02 mm  
Rd= 0,02 mm  
Run out= 0,02 mm

Tempo di lavoro = 60 minuti



Visualizza i video applicativi  
sul **CANALE YOUTUBE "TTETEC"**

Troverai i video dei prodotti per la lavorazione  
MD nella PLAYLIST dedicata al link:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PL-BD9D33F3DC5C4FD0>





## GF Machining Solutions

**GF Machining Solutions** è leader mondiale per la fornitura di impianti, soluzioni di automazione e servizi per i produttori di utensili, stampi e componenti di precisione. La gamma di prodotti comprende impianti ad elettroerosione a filo e a tuffo, centri di lavoro ad alta velocità e ad elevate prestazioni, impianti di texturizzazione laser, servizi Customer Services, ricambi, materiali di consumo e soluzioni di automazione.

**GF Machining Solutions** (ora AgieCharmilles + Mikron + Step-Tec + Laser + System 3R + Liechti) attivo a livello globale, appartiene al Gruppo Georg Fischer (Svizzera), presente con proprie sedi e 3008 dipendenti in 31 paesi del mondo.

**GF Machining Solutions**, con sede italiana a Cusano Milanino, è un fornitore di soluzioni che si adattano perfettamente ad ogni specifica necessità di lavorazione, grazie all'esperienza e alla vasta gamma di tecnologie completamente a disposizione del cliente.



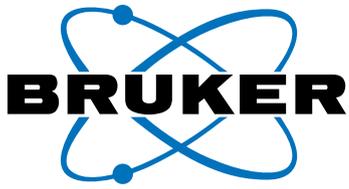
GF Machining Solutions Italia partecipa all'evento tramite la fornitura di un impianto MIKRON HPM 450U ad alte prestazioni a 5 assi in continuo per applicazioni e studi di fattibilità inerenti la fresatura e micro fresatura. Ergonomica, facilmente accessibile con ottima visibilità e con controllo digitale di ultima generazione, l'impianto può essere facilmente adattato in modo ottimale alle esigenze di studio e didattiche.

### Punti di forza:

- **Flessibilità:** l'impianto offre impressionanti possibilità di lavorazione, dalla semplice foratura a complesse lavorazioni su 5 lati, fino a lavorazioni simultanee su 5 assi.
- **Ergonomicità:** accesso semplice all'area di lavoro e alle unità periferiche.
- **Controllo totale dei trucioli.**

In questa occasione presenteremo una lavorazione ad alta velocità su metallo duro, caratterizzata da elevata produttività e qualità.





## BRUKER CORPORATION

Da più di 50 anni, Bruker è guidata dall'idea di fornire le migliori soluzioni tecnologiche per ciascuna applicazione analitica. Oggi, più di 6.000 dipendenti in tutto il mondo lavorano a questa sfida in più di 90 sedi su tutti i continenti.

Fra le aziende leader mondiali nel campo della strumentazione analitica, Bruker è fortemente impegnata a soddisfare le necessità dei propri clienti e a continuare a sviluppare tecnologie allo stato dell'arte e soluzioni innovative per rispondere alle sfide analitiche moderne.

Bruker è Leader di mercato in vari campi applicativi, fra cui la caratterizzazione delle superfici su micro e nanoscala, con le sue linee di microscopia a forza atomica (unica azienda al mondo a produrre sia microscopi, sia punte per scansione), tribologia, test meccanici e nanoindentazione, profilometria e rugosimetria ottica e a stilo, fluorescenza a raggi X, accessoristica per microscopia elettronica (microXRF, microCT, EBSD, EDS, EDX, WDS).



## INFLUENZA DELLA LAVORAZIONE SULLA MORFOLOGIA SUPERFICIALE

La morfologia delle superfici (texture) è data dalla composizione di determinate deviazioni tipiche della superficie reale. Essa include rugosità (Roughness) e forma (Waviness, lit. "ondularità"), ciascuna caratterizzabile da determinati parametri.

Superfici all'apparenza uguali possono comportarsi in maniera molto diversa e la spiegazione spesso si trova nelle differenze delle caratteristiche microscopiche della texture, che possono evidenziare direzionalità della lavorazione, superfici più o meno rugose, più o meno regolari, caratterizzate da rilievi o avallamenti. Di seguito sono elencati come appaiono in 3D alcune superfici metalliche dopo diversi tipi di lavorazione/lucidatura.

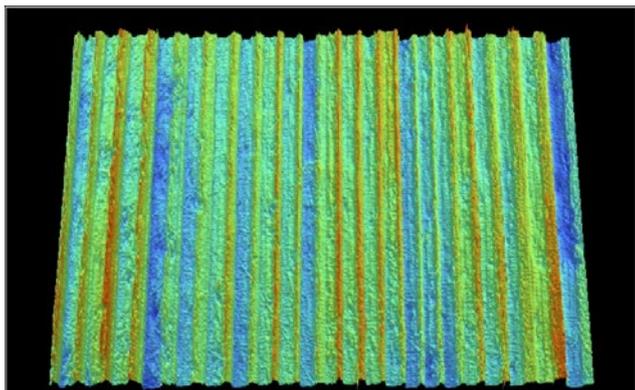


Figura 1 > Alesatura

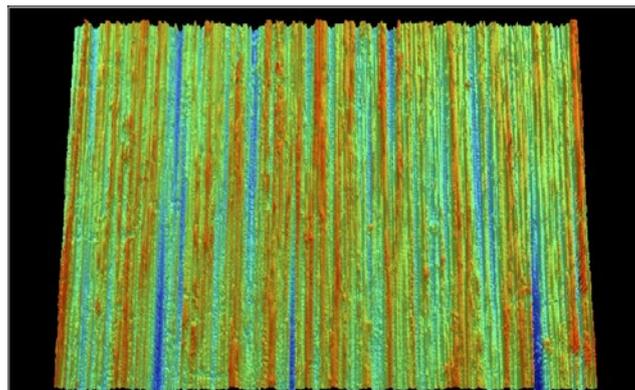


Figura 2 > Lappatura

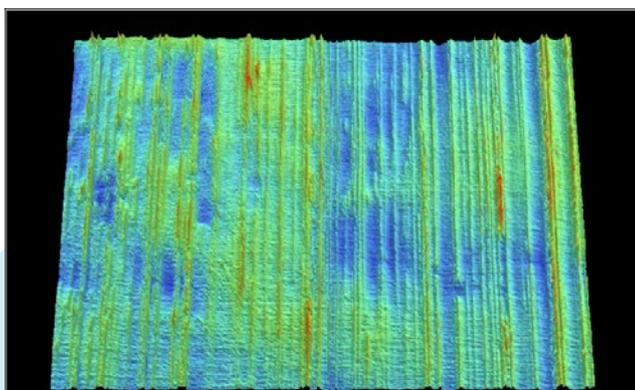


Figura 3 > Fresatura Orizzontale

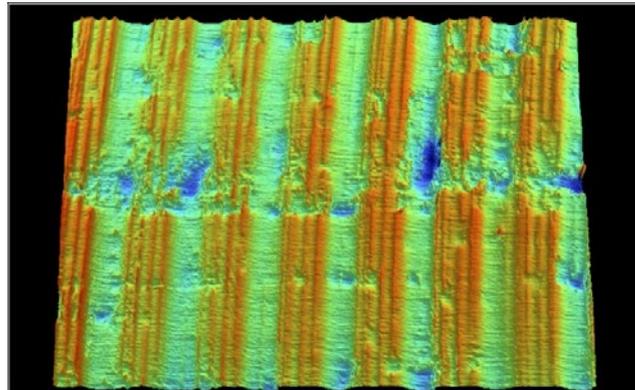


Figura 4 > Fresatura Verticale

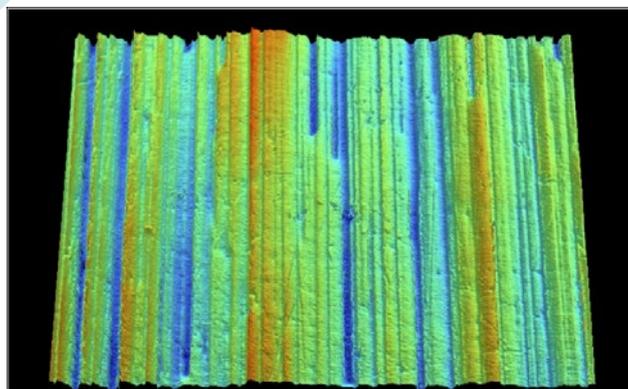


Figura 5 > Tornitura



Tuned Sinergy  
**FOR THE BEST**

OMCD, fondata nel 1967, è una holding che raggruppa sotto di sé aziende attive nel settore del metallo duro che dal 1948 operano nella lavorazione del carburo di tungsteno, del rame tungsteno e dei metalli preziosi. Conta più di duecento dipendenti.

Competenza tecnica, ricerca continua ed una particolare attenzione al soddisfacimento delle esigenze del cliente costituiscono i valori fondanti.



Produzione di metallo duro sinterizzato.



Attrezzature di precisione in metallo duro per la deformazione a freddo.



Produzione di metallo duro sinterizzato.



Contatti ed elettrodi sinterizzati e leghe preziose per brasatura.



Produzione di metallo duro sinterizzato per il mercato sud americano.



Produzione di utensili in metallo duro per la lavorazione del legno.

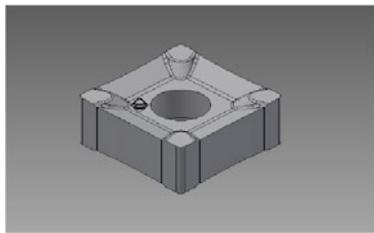


Diamil è il marchio di Harditalia dedicato agli inserti finiti.

La nostra partecipazione a questo evento è stata quella di fornire il metallo duro, fornire il modello da fresare e realizzare lo stesso punzone con il processo tradizionale di fresatura elettrodi/intestatura EDM che facciamo di solito internamente.

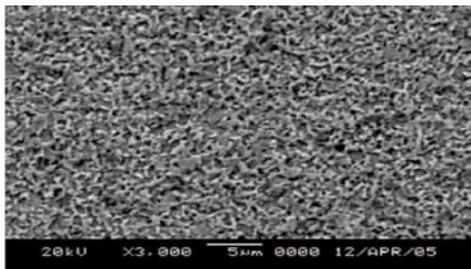


Per quando riguarda il **modello fresato** durante l'evento, è stato scelto un punzone di uno stampo esistente di un inserto di scordonatura Diamil SNMX 190808-04 R100:



Per quando riguarda il **metallo duro**, abbiamo deciso di confrontare 5 gradi:

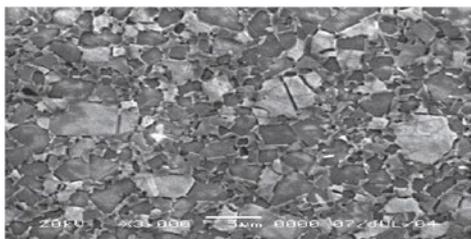
Un grado «generico» **K30B** con durezza, granulometria e percentuale di legante medie.



#### **K30B** Composizione:

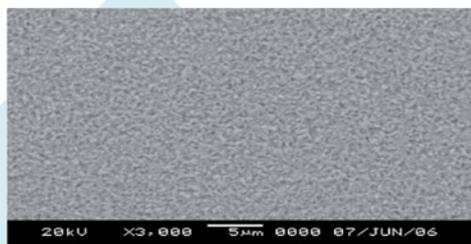
Carburo di tungsteno: 86% e Cobalto: 13%  
Durezza: 1330 HV10  
Densità: 14,01 g/cm<sup>3</sup>  
Granulometria: medio - fine 0,8 - 2,5 µm

Due gradi di granulometria diversa ma con quantità di cobalto simile.



#### **K30D** Composizione:

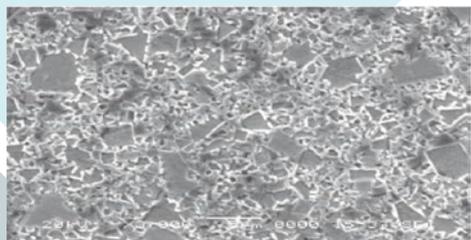
Carburo di tungsteno: 92% e Cobalto: 8%  
Durezza: 1300 HV10  
Densità: 14,70 g/cm<sup>3</sup>  
Granulometria: grossa 2,5 - 6 µm



#### **H75X** Composizione:

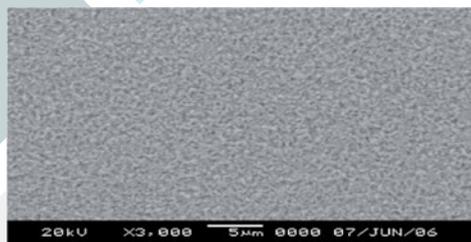
Carburo di tungsteno: 90% e Cobalto: 9%  
Durezza: 1750 HV10  
Densità: 14,45 g/cm<sup>3</sup>  
Granulometria: ultra fine 0,2 - 0,5 µm

Due gradi di granulometria media ma con quantità di cobalto diversa.



#### **L97F** Composizione:

Carburo di tungsteno: 79% e Cobalto: 20%  
Durezza: 970 HV10  
Densità: 13,48 g/cm<sup>3</sup>  
Granulometria: media 1,3 - 2,5 µm



#### **J57C** Composizione:

Carburo di tungsteno: 94% e Cobalto: 6%  
Durezza: 1570 HV10  
Densità: 14,95 g/cm<sup>3</sup>  
Granulometria: media 1,3 - 2,5 µm

## SCHUNK GmbH & Co. KG e SCHUNK INTEC

SCHUNK INTEC srl, presente in Italia dal 1998 e con sede in Lurate Caccivio (CO), è la filiale commerciale italiana della multinazionale tedesca SCHUNK GMBH & CO. KG.

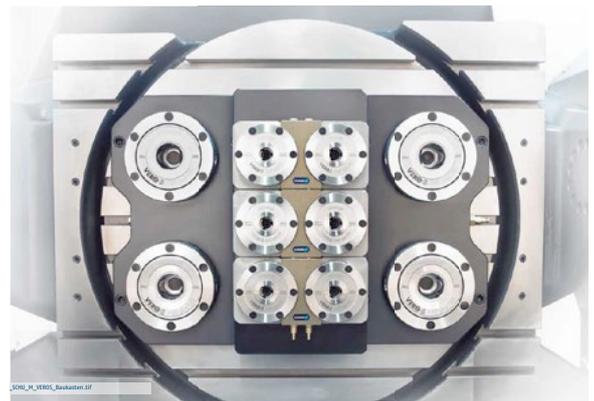
L'Azienda tedesca nasce nel 1945 come laboratorio meccanico, dalla mente e dal talento di Friedrich Schunk. Viene poi sviluppata grazie alla visione pionieristica e all'intuito del figlio Heinz-Dieter. Oggi è gestita dalla terza generazione: i fratelli Henrik A. Schunk e Kristina I. Schunk.

Con oltre 2.300 collaboratori in 8 sedi, 30 filiali in tutto il mondo e partners distributori in più di 50 Paesi, SCHUNK si assicura una presenza capillare a livello mondiale. In Germania si trovano le tre fabbriche di produzione europee e gli uffici di coordinamento internazionale.

Per quanto riguarda il programma di prodotto, la strategia è su due fronti: da un lato, viene promosso lo sviluppo tecnico con l'esplorazione di nuove nicchie; dall'altro, si potenzia la qualità dei prodotti già esistenti.

Per questo, SCHUNK può vantare il più ampio programma di componenti standard per il serraggio e l'automazione (più di 11.000) e la più ampia gamma di pinze standard (2.500). Il programma completo di sistemi di presa SCHUNK comprende oltre 4.000 componenti.

Dal 2012, il leggendario portiere Jens Lehmann è testimonial SCHUNK, metafora di presa precisa e tenuta sicura.



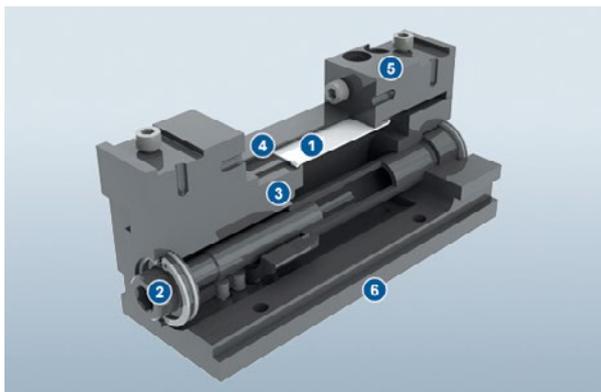
Nelle lavorazioni sul metallo duro saranno impiegati i seguenti prodotti:

## MORSA KSO

Per il bloccaggio dei particolari su centro di lavoro. Una morsa di precisione con bloccaggio su ganasce fissa, per la massima ripetibilità di posizionamento. La morsa si presenta estremamente compatta per la minimizzazione delle interferenze.

La meccanica di movimentazione e trasmissione della forza è totalmente incapsulata per evitare problemi legati al truciolo.

Una gamma di accessori, quali ganasce e sistemi di rialzo pezzo rendono il prodotto efficace e completo sotto ogni punto di vista.



[http://www.it.schunk.com/schunk/schunk\\_websites/products/functions.html?product\\_level\\_1=249&product\\_level\\_2=277&product\\_level\\_3=18183&menu1=1&country=ITA&lngCode=IT&lngCode2=EN](http://www.it.schunk.com/schunk/schunk_websites/products/functions.html?product_level_1=249&product_level_2=277&product_level_3=18183&menu1=1&country=ITA&lngCode=IT&lngCode2=EN)

## MODULO VERO-S NSL

Il modulo vero-s NSL mini 100-2 sarà montato sul centro di lavoro e sulla macchina di misura. Questo consentirà di spostare il dispositivo di bloccaggio dalla macchina di lavorazione a quella di misurazione senza sbloccare il pezzo.

Il sistema normalmente chiuso con apertura ad aria consente di mantenere una precisione di ripetibilità sul posizionamento <0,005mm in tutte le direzioni.

Il sistema ha già come dotazione standard tutti i controlli necessari per l'automazione completa del processo, quali controllo dello stato del modulo (aperto/chiuso) e possibilità di pressurizzazione.

Il sistema consente quindi la sostituzione rapida in modalità manuale o automatica di pezzi e attrezzature di bloccaggio.

Le dimensioni estremamente compatte e la realizzazione in acciaio inossidabile sono le caratteristiche principali di questo sistema, che è quindi perfetto per le macchine con tavola di piccola dimensione e/o ridotto campo di lavoro.

## TENDO EC

Il mandrino universale TENDO EC sarà il portautensile impiegato nella fresatura del metallo duro.

Il portautensile finemente bilanciato è la soluzione ideale per lavorazioni ad alto numero di giri.

La concentricità <0,003mm a 2,5xD combinata con l'ottimale assorbimento delle vibrazioni garantisce le migliori finiture superficiali e una maggiore vita utile dell'utensile.

Il portautensile è perfetto in alesatura, foratura, finitura, ma anche nella fresatura di filetti e nelle lavorazioni di sgrossatura grazie ad una coppia di serraggio fino a 900Nm su Ø20.

La possibilità di utilizzare le bussole intermedie rende il sistema straordinariamente pratico e flessibile.

<http://www.schunk-produkte.com/en/toolholders/tendo-e-compact.html>



## TEAM3D S.R.L. - Soluzioni CAD, CAM, CAE e PLM

Team3d è oggi una realtà altamente qualificata sul territorio italiano nella vendita e formazione di soluzioni CAD, CAM, CAE e PLM di Siemens Industry Software e un consulente preparato per assistere le aziende nel delicato intento di “svecchiare” i processi aziendali e ridefinire la produttività. Nel 2000 ottiene la certificazione per tenere corsi di formazione sull'utilizzo del CAD NX. Nel 2006 diventa Siemens Solution Partner, rivenditore autorizzato per tutto il portafoglio di prodotti Siemens Industry Software (NX, Solid Edge, Teamcenter e Femap). Dal 2012 ad oggi si è classificato per ben 3 volte come miglior Partner di Siemens in Italia.

## IL SOFTWARE NX di Siemens Industry Software

NX offre funzionalità CAD, CAM, CAE e PDM evolute, capaci di supportare qualsiasi iniziativa di sviluppo prodotto.

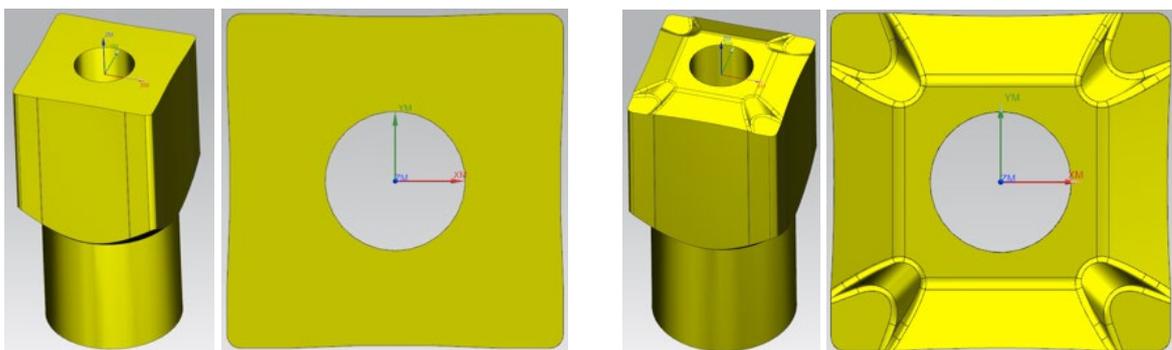
**NX CAM** è un **software CAM**, dotato di tutte le funzionalità necessarie ai **programmatori NC** per sfruttare in modo ottimale le macchine utensili più all'avanguardia. **NX CAM** esiste sia nella configurazione integrata al **CAD**, che come applicativo indipendente.

### PRINCIPALI FUNZIONALITÀ:

- Foratura
- Lavorazione di fresatura a 2 assi e mezzo
- Lavorazione di fresatura e contornatura a 3 assi
- Lavorazione di fresatura a 5 assi in continuo
- Tornitura
- Lavorazione di tornio-fresatura
- Lavorazione avanzata
- Elettroerosione a filo (Wire EDM)
- Sincronizzazione
- Simulazione della lavorazione
- Lavorazioni ad alta velocità
- Lavorazioni automatizzate con riconoscimento di feature

## CICLO DI LAVORO DETTAGLIATO

Tempo totale di esecuzione 2h 43'



Modello 3D grezzo

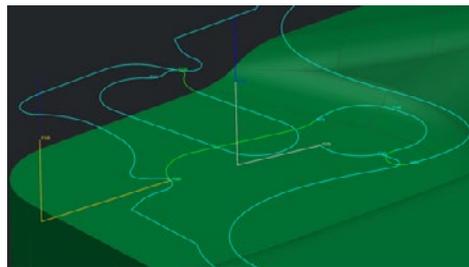
Modello 3D finito

## Sgrossatura

Si è usata una sgrossatura a terrazzamenti (CAVITY\_MILL) che consente di rimuovere il materiale in maniera costante potendo regolare i livelli di passata e permette di ottimizzare i tempi di attacco e stacco della parte da lavorare.

### Dati:

- Fresa utilizzata: “Sferica Diam4”
- step dei livelli in Z: -0.15mm
- impegno utensile: 0.35mm
- sovrametallo residuo: +0.04mm
- Tempo esecuzione: 38 minuti

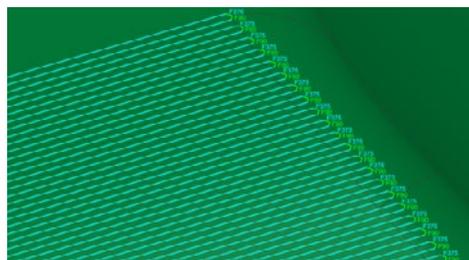


## Semi Finitura

1. Copiatura di Pre-finitura piani inclinati (FIXED\_CONTOUR). Consente di rimuovere il materiale seguendo la sagoma 3D della parte in maniera costante, agevolando i movimenti a contatto della geometria da lavorare.

### Dati:

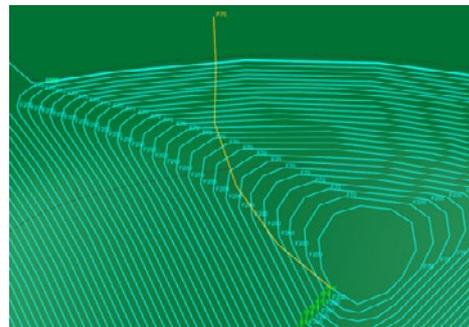
- Fresa utilizzata: “Torica D2 R0.1”
- impegno utensile: 0.03mm
- sovrametallo residuo: +0.02mm
- Tempo esecuzione: 20 minuti



2. Copiatura di Pre-finitura nicchie (FIXED\_CONTOUR). Consente di rimuovere il materiale seguendo la sagoma 3D della parte in maniera costante, agevolando i movimenti a contatto della geometria da lavorare.

### Dati:

- Fresa utilizzata: “Torica D2 R0.1”
- impegno utensile: 0.03mm
- sovrametallo residuo: +0.02mm
- Tempo esecuzione: 13 minuti

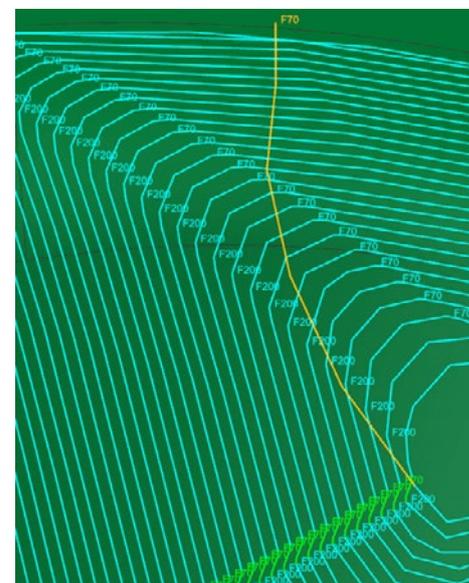


## Finitura

Copiatura di Finitura completa (FIXED\_CONTOUR). Consente di rimuovere il materiale seguendo la sagoma 3D della parte in maniera costante, agevolando i movimenti a contatto della geometria da lavorare.

### Dati:

- Fresa utilizzata: “Sferica Diam1”
- impegno utensile: 0.02mm
- sovrametallo residuo: +0.00mm
- Tempo esecuzione: 1h 32 minuti



Grazie al fatto che in NX si possono impostare le Feed variabili che sono influenzate da parametri impostabili in funzione delle condizioni trovate nei percorsi (Vedi Fig.A) e da parametri di Smoothing (Vedi Fig.B) per impostare i valori di continuità sugli angoli, NX è in grado di adattarsi alle varie condizioni che la geometria 3d richiede in modo da adeguare le varie impostazioni in funzione del “carico” che è costretto a sopportare l'utensile preservandone l'integrità e allungando la vita della fresa. In pratica il sistema tende ad andare alla velocità massima in condizione di carico costante (F200) mentre nelle variazioni (ingressi/uscite/posizionamenti/riposizionamenti) NX “rallenta” per evitare carichi eccessivi sull'utensile.

In queste immagini sono visibili alcuni esempi valori di Feed (F) con il valore reale applicato nei punti strategici:

- F200 in condizioni di carico costante.
- F70 in condizioni di attacco e incremento laterale.

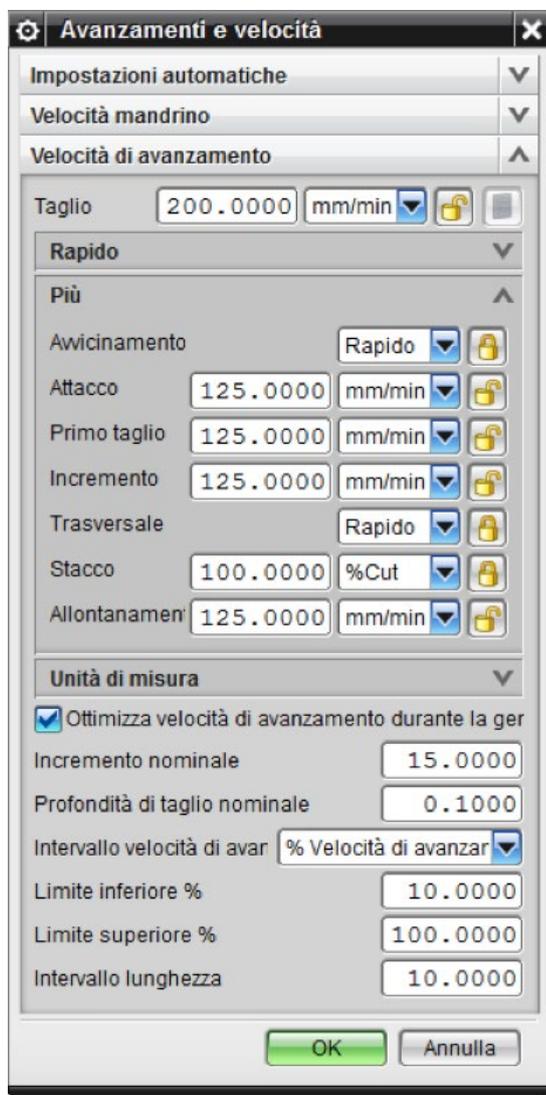


Figura A

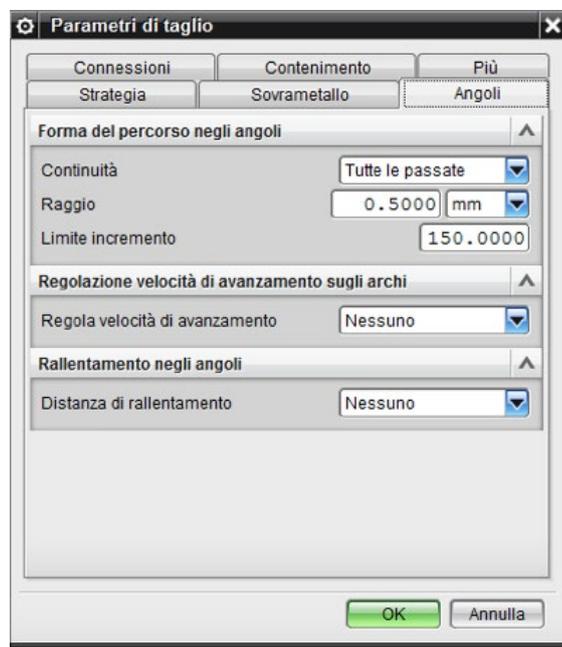


Figura B

## DOVE TROVARCI:



Via G. La Masa, 1 - 20156 Milano - Italia  
Tel +39 02.2399.8530 - Fax +39 02.2399.8585  
Email [massimiliano.annoni@polimi.it](mailto:massimiliano.annoni@polimi.it) - [giacomo.didoni@polimi.it](mailto:giacomo.didoni@polimi.it)



Via Trebbia, 41/A - 23868 Valmadrera (Lecco) - Italia  
Tel +39 0341.207108 - Fax +39 0341.202940 - Email [info@ttetec.it](mailto:info@ttetec.it)



Via Monte Nevoso, 2 - 20095 Cusano Milanino (Milano) - Italia  
Tel +39 02.664261 - Fax +39 02.66426320 - Email [info.gfms.it@georgfischer.com](mailto:info.gfms.it@georgfischer.com)



Viale V. Lancetti 43 - 20158 Milano - Italia  
Tel +39 02.70636370 - Fax +39 02.2361294 - Email [bruker@bruker.it](mailto:bruker@bruker.it)



Via Megolo, 43 - 28877 Anzola d'Ossola (Verbania) - Italia  
Tel +39 0323.836386 - Fax +39 0323.83089 - Email [info.omcd@omcd.it](mailto:info.omcd@omcd.it)



Via Barozzo - 22075 Lurate Caccivio (Como) - Italia  
Tel +39 031.4951311 - Fax +39 031.4951301 - Email [info@it.schunk.com](mailto:info@it.schunk.com)



Via Balicco, 113 - 23900 Lecco - Italia  
Tel. +39 0341.700349 - Fax +39 0341.703764 - Email: [hello@team3d.it](mailto:hello@team3d.it)



**+GF+**



**Team**  
**3D**