

**Ottimizzazione del processo di tornitura su centri CNC a cinematica parallela:
effetti della lubrificazione, tipologia d'inserto e geometria del particolare
sull'usura utensile e finitura superficiale di componenti in acciaio.**

Saverio Zitti¹, Roberto Zannini¹, Nick Wälli², Ernst Ulrich Schmitz²

¹Zannini Spa, Castelfidardo, Italia
E-mail: saverio.zitti@zannini.com

²Index-Werke GmbH, Esslingen am Neckar, Germania

Keywords Cinematica parallela, Inserti Wiper, Rapporto di snellezza, Dry Cutting,
Rugosità superficiale, Labbro d'usura, Analisi statistica

Abstract

In fase di definizione del ciclo di lavorazione di componenti torniti, lo studio combinato del sistema “macchina - utensile - componente” è prioritario al raggiungimento dei livelli di qualità e produttività richiesti [1].

Su questa base si sono volute valutare le alternative disponibili nella realizzazione di componenti in acciaio aventi la lunghezza come caratteristica geometrica dominante: ne sono un esempio a livello industriale alberi, perni, assi rotanti, ecc.. Nel dettaglio sono stati svolti, mediante ricorso ad una precisa tipologia di centri di tornitura, test multipli per l'identificazione della migliore combinazione tra utensile e regime di lubro-refrigerazione al variare delle caratteristiche geometriche del componente da realizzare.

La scelta di ricorrere, per l'esecuzione dei test di lavorazione, ad un centro di tornitura CNC con sistema di movimentazione assi a cinematica parallela (Figura 1) è stata giustificata in una prima fase sperimentale. Si è infatti provveduto alla valutazione, mediante analisi SPC e di Machine Capability, delle prestazioni offerte in termini di accuratezza e ripetibilità dal meccanismo planare parallelo di tipo 3-RPR (3 arti in parallelo composti da una successione alternata di due coppie rotoidali ed una coppia prismatica [2]) impiegato in alternativa ai tradizionali sistemi seriali di slitte a croce per la realizzazione del moto di avanzamento all'interno del processo di asportazione.

A seguire sono stati svolti i test di lavorazione con la realizzazione di campioni caratterizzati da diversi valori del rapporto tra lunghezza e diametro (rispettivamente [L/D=3] e [L/D=7]): tale rapporto, detto anche rapporto di snellezza, riveste un'importanza fondamentale in quanto a parità di diametro un componente più lungo reca un minore valore della rigidità flessionale (formula 1) con ripercussioni sullo svolgersi del processo di asportazione [3].

$$\left[K = \frac{\pi \cdot ED^3}{64} \cdot \left(\frac{D}{L} \right) = \frac{EJ}{L} \right] \quad (1)$$

In particolare, i test sono stati svolti con l'obiettivo di valutare gli effetti del ricorso ad inserti di tornitura di diversa geometria sulla variazione dell'usura utensile e della finitura superficiale dei componenti all'aumentare del tempo complessivo di asportazione: campioni in acciaio 365SMnPb10 della geometria indicata sono quindi stati realizzati mediante ricorso alternativo ad inserti rivestiti di geometria standard (codice ISO CCMT 09T304 PF) e di geometria wiper [4] (codice ISO CCMT 09T304 WF) prodotti dalla Sandvik Coromant, interrompendo la produzione in corrispondenza di un

tempo di contatto utensile pari a 30 minuti per ogni test condotto (tempo come criterio di durata inserto). Nel corso di ciascun test si è provveduto alla misurazione ogni 5 minuti di contatto utensile (totale di 6 misurazioni) del valore di usura per diffusione riscontrabile sull'inserto in termini di larghezza V_b del labbro di usura e del valore di finitura superficiale del campione in termini di rugosità media R_a .

Tutti i test sono stati ripetuti sia in presenza di liquido lubrorefrigerante che a secco, mettendo così a confronto i vantaggi tradizionalmente attribuiti al wet cutting (riduzione dell'attrito all'interfaccia utensile – truciolo, limitazione dell'incremento di temperatura nella zona di lavoro, facilitazione della rimozione del truciolo, ecc.) con quelli invece recentemente attribuiti al dry cutting (miglioramento del flusso plastico del materiale a causa proprio dell'incremento di temperatura con ripercussioni positive sulla lavorabilità del materiale e sulla finitura superficiale del pezzo realizzato) [5].

I risultati sperimentali hanno evidenziato l'importanza del ruolo svolto dalla tipologia di lubrificazione sull'usura utensile, per cui le migliori prestazioni in termini di usura inserto sono offerte in wet cutting dall'inserto wiper mentre in dry cutting dall'inserto convenzionale. Determinante riguardo la finitura superficiale dei componenti risulta invece il rapporto di snellezza di quest'ultimi, per via dell'insorgere del fenomeno di usura termica dell'inserto wiper allorché l'asportazione per ciascun componente risulta così breve da non permettere il raggiungimento del regime termico (Figura 2). Un ulteriore test condotto incrementando progressivamente il valore del rapporto di snellezza (rispettivamente $[L/D=9]$, $[L/D=10]$ e $[L/D=11]$) ha inoltre evidenziato, sempre nel caso di ricorso all'inserto wiper, l'insorgere di vibrazione dell'utensile e conseguentemente della "mat surface" riscontrabile sul componente.

I risultati sperimentali sono infine stati elaborati mediante modelli matematici di regressione lineare MRA (Figura 3) in modo da poter prevedere i valori di usura utensile e finitura superficiale dei componenti in funzione della geometria stessa dei componenti, della tipologia di lubrificazione e del tempo complessivo di asportazione per ciascuna delle due tipologie di inserti di tornitura [6].

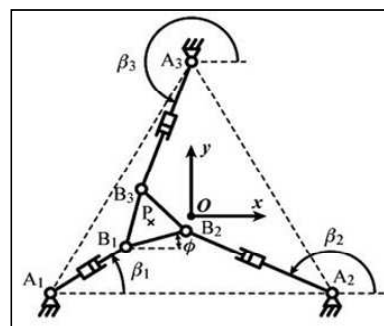
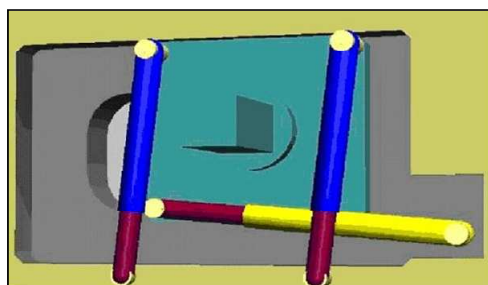


Figura 1: sistema di movimentazione assi a cinematica parallela.

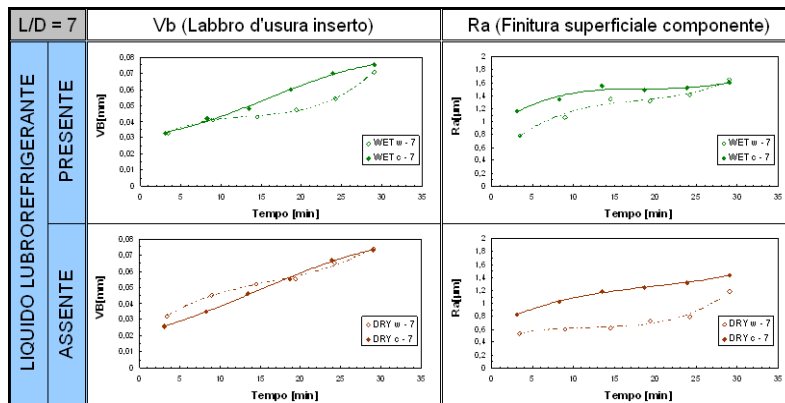


Figura 2: risultati sperimentali in tornitura di componenti snelli con inserti wiper e convenzionale.

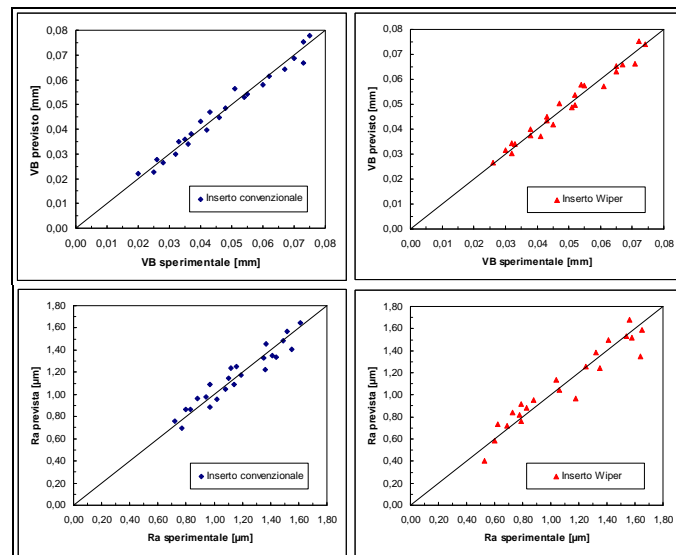


Figura 3: analisi dei risultati sperimentali mediante regressione lineare MRA.

References

- [1] F. Giusti, *Tecnologia meccanica e studi di fabbricazione*, Tipografia Editrice Pisana, Pisa (1976).
- [2] Callegari M., "Considerazioni sulla progettazione delle macchine a cinematica parallela", *Progettare V.N.U.*, **247** (2001).
- [3] Cooper J., DeRuntz B., "The Relationship Between the Workpiece Extension Length/Diameter Ratio and Surface Roughness in Turning Applications", *Journal of Industrial Technology*, **23** (2007).
- [4] Sandvik Coromant, "Technical Guide", <http://www.coromant.sandvik.com> (2008).
- [5] Bruni C., Forcellese A., Gabrielli F., Gobbi L., Simoncini M., "Finish Turning under Dry and MQL Conditions", *International Journal of Machine Tool & Manufacture*, **46**, 1547-1554 (2006).
- [6] Ozelika B., Bayramoglu M., "The statistical modeling of surface roughness in high-speed flat end milling", *International Journal of Machine Tool & Manufacture*, **46**, 1395-1402 (2006).