

INNOVAZIONI ALTAMENTE PRODUTTIVE nella rettificazione a vite

Il mondo di Industria 4.0 spinge i costruttori di macchine utensili alla ricerca dell'innovazione.

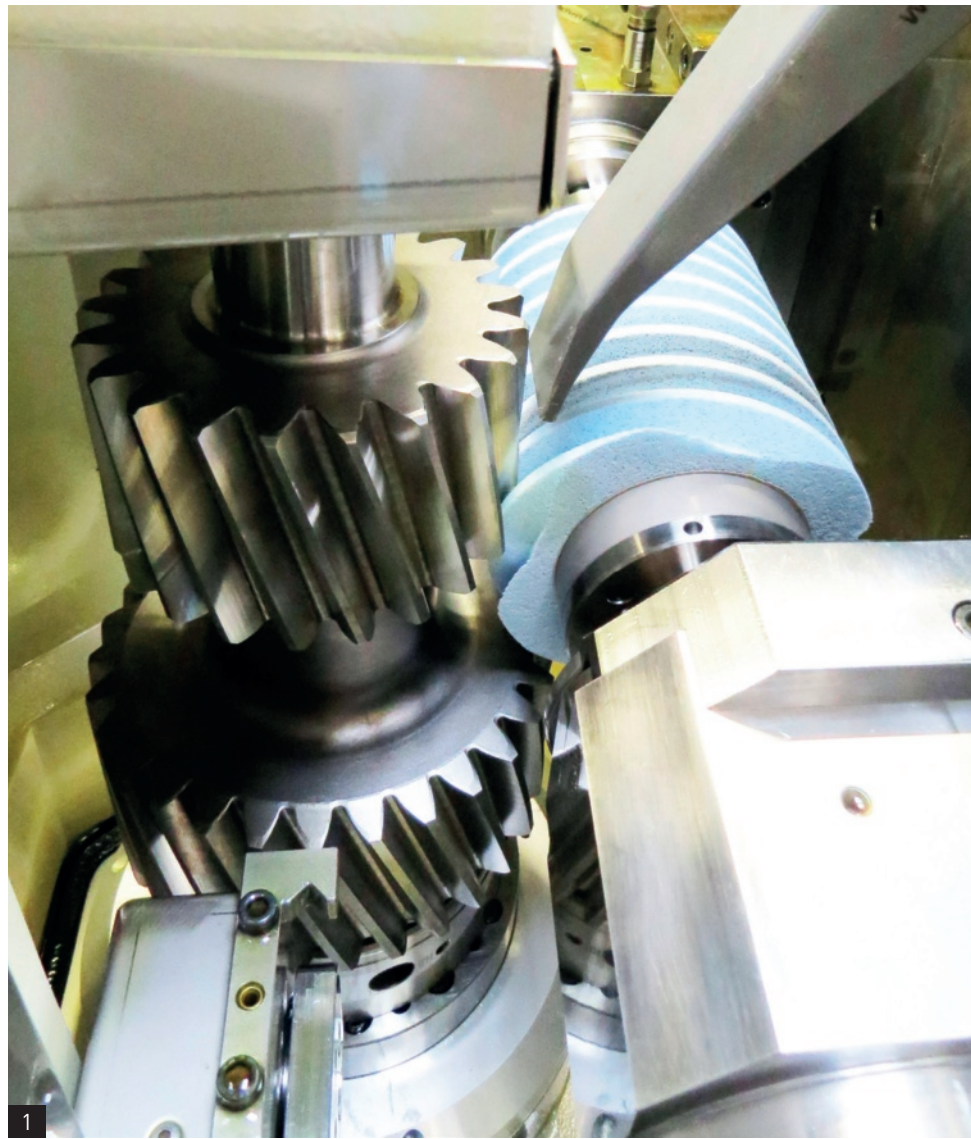
Ci si sorprende dell'enorme crescita di produttività e qualità che contraddistingue il settore della lavorazione degli ingranaggi. KAPP NILES presenta gli ultimi risultati raggiunti nella rettificazione a vite per alti volumi di produzione in serie.

Rettificatrici a vite con obiettivi di alti volumi di produzione in serie, per le quali vi sono sempre maggiori richieste inerenti i costi per energia ed ecologia, fanno reagire le macchine e gli addetti allo sviluppo con soluzioni che arrivano ai limiti della tecnologia possibile. A seguire illustriamo gli sviluppi delle aziende del gruppo KAPP NILES che per i nuovi campi di applicazione trattano e migliorano le tecniche applicative.

Fattibilità - Rettificazione a vite di ruote dentate con spallamenti

Velocità di taglio tra i 63 e 80 m/s si utilizzano per alte produttività. Vengono utilizzate mole a vite con più principi tipicamente con diametri di 300 mm da 5.000 a 7.500 giri/min. Il grosso diametro crea problemi con i piani di interferenza poiché la mola necessita di spazio per le oltre corse in entrata e uscita. Tipico esempio è la sede cuscinetto con una oltre corsa del creatore di prelaborazione oppure una grossa dentatura vicino alla posizione da rettificare (figura 1).

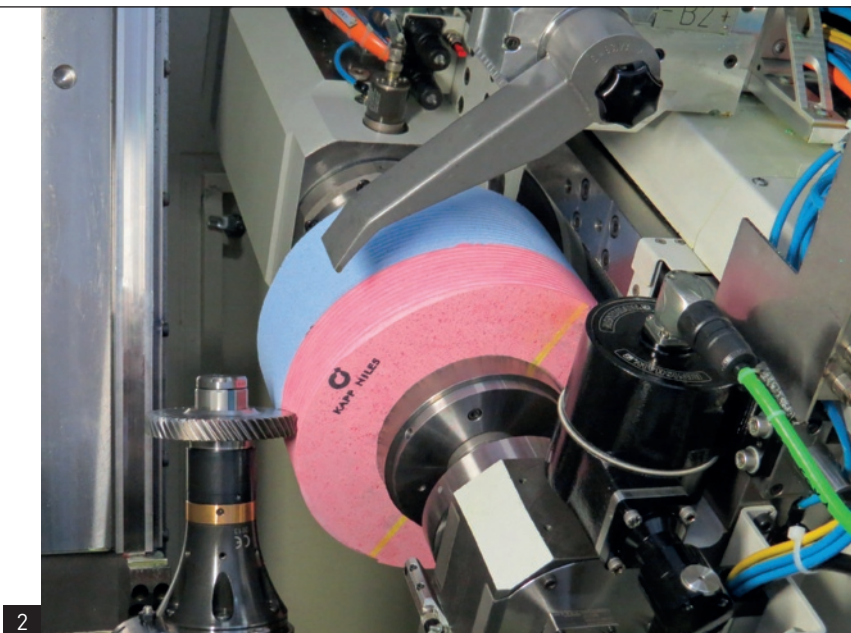
Non volendo utilizzare la lunga rettificazione a profilo si deve miniaturizzare la mola a vite; le stesse, di conseguenza, devono girare molto più velocemente per raggiungere la stessa velocità di taglio di una normale grossa mola. Le attuali rettificatrici per ingranaggi non sono state progettate per



essere dinamicamente preposte all'uso dei necessari azionamenti per le mole e per i pezzi. Con i nuovi sviluppi portati avanti da KAPP NILES, con le rettificatrici KX 160 TWIN e KX 260 TWIN, questo è ora fattibile. Ravvivatore, mola e macchina sono uno collegato all'altro. Il Dr. Sergiy Grinko, responsabile del progetto presso KAPP NILES, descrive in dettaglio: «Grazie all'elevata velocità del mandrino di rettificazione possono essere rettificati a vite, per la prima volta, dentature che richiedono mole a

vite con diametro di solo 55 mm. Il ricorso a una mola di larghezza di 180 mm, si possono ora rettificare in grande serie le dentature che sin d'ora non era possibile rettificare a vite, a causa dei piani di interferenza, garantendo anche richieste di qualità e di tempistica e di costi.»

Gli azionamenti delle mole sulle macchine raggiungono i 25.000 giri/min. Anche il pezzo deve girare più velocemente. In questo campo KAPP NILES ha un vantaggio iniziale perché già sul-



2

le macchine standard la tavola portapezzo gira a 5.000 giri/min. Per il pezzo di un cliente, Sergiy Grinko ha calcolato che il tempo di rettificazione con una mola a profilo in CBN non ravvivabile richiede un tempo macchina di 5,4 minuti. Con una mola a vite ravvivabile servono 2,9 minuti, ravidando ogni 25 pezzi.

Qualità della micro-geometria nella rettificazione

Un processo di finitura come la rettificazione può enormemente migliorare il rendimento di un particolare. Per esempio, riducendo la rugosità dei fianchi del dente si permette l'utilizzo di oli lubrificanti a bassa viscosità. Come conseguenza aumenta il rendimento del cambio senza dover pagare svantaggi di tenuta. L'obiettivo di avere l'80-90% di superficie portante, si raggiunge in rettificazione asportando meccanicamente i picchi di rugosità. Allo stato attuale, alla richiesta di qualità superficiale si risponde per mezzo di processi lunghi, come la lappatura.

I pezzi vengono posti in un contenitore vibrante e trattati con piccoli abrasivi in soluzione liquida. Il processo realizza buoni risultati ma, a seconda della tipologia di pezzi, i tempi sono variabili di molte ore. Per confronto: nella produzione di serie si calcola un minuto per ruota dentata. Sergiy Grinko: «I produttori di cambi in serie necessitano di processi automatizzati, idealmente per singolo pezzo. Tale soluzione non è

praticabile con tempi di tale differenza». Vi è un ulteriore problema: «La lappatura necessita di additivi, cioè prodotti chimici, che nel processo, nel riciclo e nello scarto costringono a confrontarsi con specifiche e precisi protocolli di sicurezza. Per motivi produttivi sarebbe utile integrare le attuali rettificatrici nella catena di processo.»

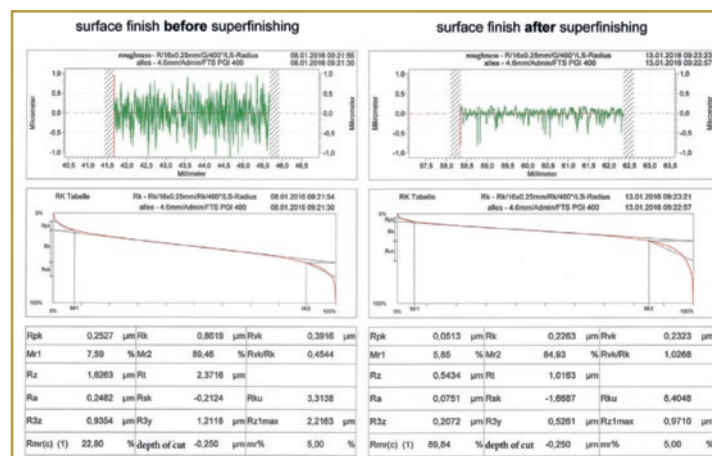
Poiché ciò è possibile l'ente Forschungsvereinigung Antriebstechnik (FVA) ha indicato nel Progetto 654 I: «Nella rettificazione convenzionale con rettificatrici per ingranaggi si possono raggiungere qualità di superfici da $R_z \leq 1 \mu\text{m}$ » Per tale scopo KAPP NILES utilizza una mola combinata con due campi di applicazione (figura 2).

Con tale soluzione si possono ottenere qualità superficiali da $R_z 0,5 - 1 \mu\text{m}$ con le nuove rettificatrici a vite KAPP NILES (serie KX e serie ZX) (figura 3). Con velocità di taglio di 63 m/s l'ulteriore tempo richiesto, di regola, è minore del 50% del tempo realizzato con le rettificatrici convenzionali.

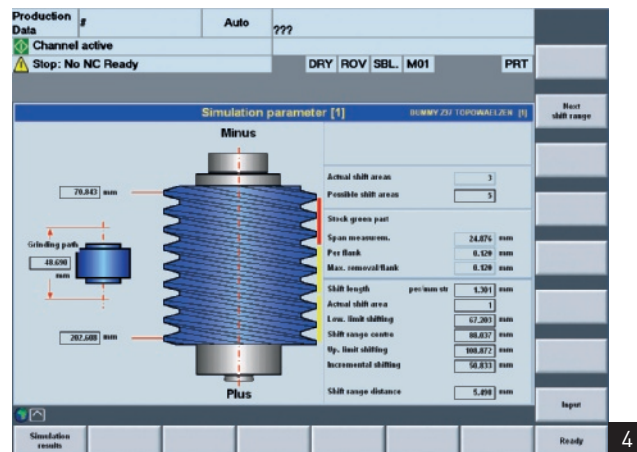
Sergiy Grinko descrive lo sviluppo presso KAPP NILES: «La rettificazione a vite è molto più produttiva della rettificazione a profilo. Secondo la nostra esperienza, il rapporto ottimale di larghezza dei due campi mola si definisce e si utilizza al meglio via software.»

Qualità nella macrogeometria - Rettificazione topologica a vite

Le dentature non sono facilmente modificabili: la facile esecuzione dell'evol-



3



4

vente esiste solo sui libri di scuola, non nella prassi. I progettisti devono considerare le tolleranze come anche il posizionamento degli assi: il fianco del dente verrà considerato con una bombatura di pochi micron. Non venisse influenzata negativamente la portanza aumentando l'emissione di rumore.

Se l'ingranaggio deve essere rettificato a vite, questa specifica richiesta diventa un compito della macchina. In rettificazione la distanza assi tra pezzo e mola viene continuamente modificata. La linea di contatto e il segmento dell'asse portano conseguentemente a un "errore di immagine"; invece che una convessità simmetrica si avrà una distorsione del fianco.

Il Dr. Sergiy Grinko spiega: «Di regola difficilmente si vogliono eliminare le correzioni; si cerca piuttosto di influenzarle. Se il cliente conosce esattamente quale carico è richiesto e come questo deforma il suo ingranaggio potrà al meglio calcolare quale rotolamento è ideale. A volte l'emissione di rumore si migliora applicando una piccola correzione.» Anche una dentatura complessa può

Fig. 1 - Rettificazione a vite di ruota dentata con interferenza, una ruota dentata adiacente.

Fig. 2 - Mola combinata con area di lappatura convenzionale.

Fig. 3 - Comparazione tra finiture superficiali prima e dopo la lappatura.

Fig. 4 - Maschera inserimento dati con visualizzazione dei possibili settori di shifting.

essere rettificata a vite. Durante il processo di rettifica, alcuni specifici movimenti degli assi devono essere abbinati tra loro in modo che si realizzi un collegamento fisso tra lo shifting e l'avanzamento. Si necessita di una mola modificata che abbia settori con geometrie diverse e che venga così ravvi-

descrive: «Per la rettifica topologica a vite noi abbiamo una facile gestione a video; la macchina fa preventivamente da sé i calcoli dei percorsi di ravnatura a di rettifica. Il nostro cliente potrà simulare e controllare a video la lavorazione in versione 2D o 3D e influenzare le correzioni al meglio, secondo le proprie scelte.»

Dopo aver inserito i dati, la larghezza mola viene prevista con un massimo numero di settori di shifting (figura 4). Il Dr. Grinko si spiega meglio: «Nella rettifica topologica a vite si vorrebbero molteplici settori sulla mola, al fine di poterla utilizzare al massimo. I cambi devono essere per forza abbastanza larghi per poter generare la geometria desiderata.» Il numero di settori generato viene preso in considerazione dall'operatore e controllato sulla parte di simulazione (figura 5).

la riduzione del tempo si deve ridurre il tempo di ravnatura. Questo si ottiene con la ravnatura contemporanea di più principii (figura 6). KAPP NILES ha ben testato questa soluzione per utilizzare al meglio il potenziale di miglioramento. Tutto inizia con la costruzione del ravnatore. Così afferma Sergio Grinko: «Per ravnare più principii serve un rullo di ravnature a profilo intero, per il quale non serve un cilindratore separato. Per la costruzione utilizziamo il metodo negativo.» Con questo metodo i grani di diamante non vengono posti direttamente sul corpo base ma su uno stampo negativo incollati con nickel. Dopo questa forma abrasiva viene abbinata ad un corpo base. Per mantenere basso il tempo di ravnatura i principii sul rullo ravnatore e quelli della mola devono essere fassati. Normalmente, sono uguali per permettere una unica corsa di incremento. Per motivi tecnologici questo non è sempre possibile. Con una combinazione di cinque principii sulla mola e tre principii sul rullo si hanno usure diverse; per eliminare l'inconveniente e la conseguente produttività del rullo, le macchine KAPP NILES lavorano con un algoritmo che si occupa di un'idea costante utilizzo.

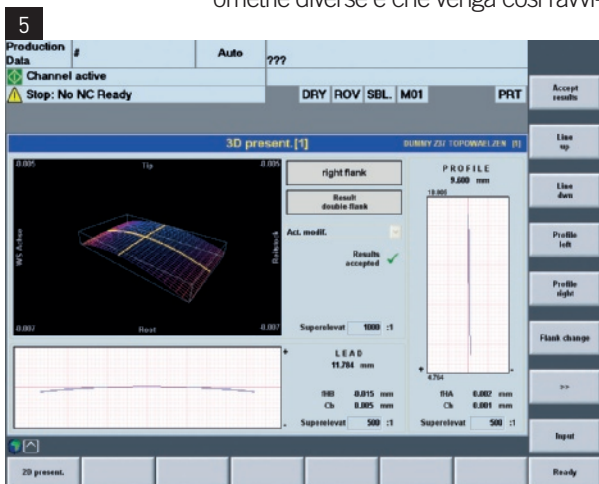


Fig. 5 - La simulazione permette di controllare la risultante topologica prima della lavorazione.

Fig. 6 - La ravnatura multi principii risparmia tempo.



vata per lo scopo. In ravnatura questi settori modificati si ottengono con un ravnatore standard. Ovviamente, il calcolo della geometria da dare alla mola e il relativo processo di rettifica necessitano di un complesso specifico software. Alcuni costruttori fanno questi calcoli "in casa loro" e li spediscono ai loro clienti per l'inserimento in macchina; questo metodo richiede tempo. In particolare, nella lavorazione di prototipi o di prove queste piccole correzioni richiedono lunghi tempi di fermo-macchina. KAPP NILES ha scelto un altro percorso che Dr. Grinko

L'operatore-macchina si confronterà con l'usura mola e la perdita qualitativa ed avrà la possibilità di ridurre il numero di settori, in modo da garantire la migliore qualità di dentatura.

Velocità - Ravnatura a più principii

Un significativo vantaggio della rettifica a vite è il risparmio di tempo. Con l'utilizzo di un maggiore numero di principii sulla mola si può aumentare la velocità dell'avanzamento e ridurre, di conseguenza, il tempo di rettifica. Come prossimo passo per

Conclusione

Gli esempi confermano che anche un'apprezzata tecnica come la rettifica a vite permette ancora elevate migiorie nella qualità e nella produttività. Per i cambi ad alta velocità, i nuovi concetti di utensili e controlli numerici intelligenti lasciano ancora prevedere migiorie; per esempio, il montaggio automatico delle attrezzature di presapezzo oppure l'integrazione con caricamenti automatici presenti nella nuova rettificatrice Pick-Up. Il risultato mostra che sono possibili applicazioni sui tempi di rettifica e sulla qualità, assolutamente impensabili solo pochi anni fa.

INFO **KAPP GMBH & CO. KG**
info@kapp-niles.com
www.kapp-niles.com