

ASPORTAZIONE DI TRUCIOLO

Rettificazione, quali prospettive?

a cura della redazione

I nuovi centri di rettifica possono avere più mole in macchina, svolgendo il numero massimo d'operazioni e determinando l'aumento della flessibilità e della tipologia di produzione

Per fare il punto sulle tendenze verso cui si sta muovendo il settore delle rettificatura, sotto l'aspetto tecnico e tecnologico, ma anche commerciale ed ecologico, Rivista di Meccanica Oggi ha organizzato una Tavola rotonda alla quale hanno partecipato alcuni dei protagonisti del comparto. I partecipanti si sono confrontati su tematiche quali il rendimento del processo, le problematiche e i vantaggi nella rettificazione ad alta velocità, le ripercussioni sul settore causate dall'avvento sul mercato di macchine combinate di tornitura-fresatura che permettono di finire il pezzo a bordo della stessa macchina, l'evoluzione degli

utensili in termini di materiali e di geometrie ma anche le conseguenze che questo ha determinato sul mercato delle mole e delle rettificatrici, i dispositivi adottati per il controllo dimensionale del pezzo per ridurre gli errori imputabili al consumo delle mole e ottimizzarne il processo, le problematiche che emergono nelle operazioni di ravnivatura e sagomatura delle mole e, infine, l'aspetto ecologico imputabile all'utilizzo del fluido da taglio nella rettifica. All'incontro sono intervenuti: Gianluigi Bristot, direttore commerciale di Officine Monzese; Ezio Copaloni, technical engineering di Tyrolit Mole Abrasivi; Federico Favretto,

L'evoluzione del processo di rettificazione ha avuto influenze anche nello sviluppo tecnologico e commerciale di settori correlati: dalla realizzazione degli utensili alle operazioni per il controllo dimensionale del pezzo fino ad arrivare alle implicazioni ecologiche. Un quadro completo della situazione attuale tracciato da alcuni protagonisti del settore

presidente di Favretto; Giancarlo Gianaroli, responsabile tecnico-commerciale Area Italia di Morara; Oreste Gorgati, responsabile vendite di Viotto; Andrea Guidotti, project manager Area sistemi di Balance Systems; Giuseppe Rastelli, responsabile tecnico-commerciale di Officine Meccaniche G. Rastelli e di Minini 2000; Alessandro Sanclemente, addetto commerciale di Synergon; Giuseppe Somenzi, product manager di Saint Gobain Abrasives; Adriano Suppini, sales and marketing manager grinder products di Marposs; Alberto Tacchella, presidente di Tacchella Macchine; Marco Tagliabue, export manager di Rosa Ermando. Il ruolo di moderatore dell'incontro è stato svolto da Roberto Pacagnella, professore ordinario presso il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano.





Roberto Pacagnella, professore ordinario presso il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano, è stato il moderatore della Tavola rotonda.

Pacagnella: *Inizio con una provocazione. In questi anni abbiamo assistito a una grande evoluzione delle macchine utensili. È opinione abbastanza diffusa che le rettificatrici non si siano però evolute allo stesso modo, pur essendosi giovate dell'avvento del CN. E questo anche nel campo delle mole, se si pensa all'evoluzione che hanno avuto gli utensili in carburi in questi ultimi anni in termini di geometrie, di qualità e di rivestimenti. Emerge una sensazione di controtendenza...*

Sanclemente: I nuovi centri di rettifica possono avere più mole in macchina, svolgendo il numero massimo d'operazioni e determinando l'aumento della flessibilità e della tipologia di produzione. Per la piccola produzione, soprattutto nel caso dei terzisti, c'è il vantaggio di adattare la macchina alle proprie esigenze. Per l'alta produzione ci si orienta verso la linea di rettifica completamente automatizzata, tramite un'interfaccia con sistemi di carico/scarico e di misurazione. I motori lineari sono poco utilizzati nelle rettifiche in tondo a causa della lunghezza di corsa limitata; Junker, azienda che distribuiamo, ha optato per l'idrodinamica: costi inferiori, minore assorbimento a livello energetico, meno difficoltà nella protezione del movimento degli assi e costi minori nel montaggio e nell'assistenza.

Rastelli: Non è vero che le rettificatrici non si siano evolute. Al contrario, è stato fatto molto. Una volta era diffusa l'opinione che la rettificatrice fosse l'ultima macchina a entrare in officina. Oggi, non è più così. L'innalzamento della qualità si sviluppa anche nel terziario, che di conseguenza tende a specializzarsi. Inoltre, si osserva la scomparsa dei rettificatori specializzati, sostituiti da operatori in grado di gestire tutte le macchine, affiancati da operai che si limitano al carico/scarico dei pezzi. Sono fenomeni correlati, dovuti alla nascita della rettificatrice adatta a svolgere compiti specifici con produttività importanti. Per i costruttori è un grande impegno perché richiede tecnologie rapide ed efficaci; il personale deve essere motivato per il perseguimento dell'obiettivo "rettificatrice speciale" ed è fondamentale la continua ricerca della qualità dei materiali. Queste sono macchine che richiedono anche un importante servizio di post-vendita, con la capacità di fornire consulenze ai clienti sull'uso della rettificatrice.

Suppini: La macchina ad alta produzione è spesso dotata dei nostri dispositivi di misura, equilibratura e controllo automatici per cui non richiede più un operatore specifico. La grande evoluzione nel campo delle rettificatrici in tondo ha fatto sì che il pezzo da rettificare non ruoti più intorno all'asse bensì vengano eseguite lavorazioni di tipo orbitale. Sempre nell'elevata produzione si è vista una crescita esponenziale nelle capacità di taglio e produzione della macchina, legate al raggiungimento della qualità richiesta al tipo di macchina, in considerazione del fatto che lavora nel micro, con elevata velocità di asportazione e riduzione del tempo-ciclo. Altre migliorie riguardano la presa singola del pezzo, con conseguente maggiore possibilità della macchina, che si è giovata della moltiplicazione degli assi.

Gianaroli: Il grosso salto tecnologico delle rettificatrici è stato il passaggio dalla macchina idraulica a quella a controllo numerico. C'è, inoltre, una tendenza alla riduzione delle prese del pezzo, tramite macchine a più unità di lavoro, il che migliora le prestazioni

della macchina, rendendola però più complessa, e questo è in controtendenza rispetto alla riduzione in atto della professionalità del personale. Questo fenomeno determina la richiesta di macchine semplici, e proprio per questo motivo abbiamo creato una linea di macchine ad autoapprendimento dedicate all'attrezzatura e piccoli lotti. L'erosione dal basso, provocata dall'ingresso dei torni nel settore, ha determinato la richiesta di un aumento della prestazione della rettificatrice spingendo la ricerca verso performance più elevate, pur nell'ambito di consolidate tecnologie tradizionali. La diminuzione delle prese del pezzo riguarda le macchine ad alta produzione, che richiedono personale qualificato: ed è questo che è spesso domandato al costruttore, soprattutto per la manutenzione e il mantenimento della funzionalità della macchina nel tempo, i contratti di manutenzione sono spesso richiesti fin dall'atto d'acquisto della macchina.

Tagliabue: Nel settore della rettifica per piani, notiamo una suddivisione macroscopica: la macchina da attrezzatura, che deve essere flessibile, accessibile a più operatori, e quindi di facile utilizzo; la macchina ad alta produzione, che deve essere in grado di lavorare con cicli automatizzati e non presidiata dall'operatore. La richiesta di personale qualificato dipende quindi dal settore preso in considerazione.



Gianluigi Bristot, direttore commerciale di Officine Monzese (progettazione, produzione e commercializzazione di rettificatrici senza centri di tipo convenzionale e a CN).

I motori lineari sono poco utilizzati nelle rettifiche in tondo a causa della lunghezza di corsa limitata

L'erosione dal basso, provocata dall'ingresso dei torni nel settore, ha determinato la richiesta di un aumento della prestazione della rettificatrice spingendo la ricerca verso performance più elevate, pur nell'ambito di consolidate tecnologie tradizionali.

L'automazione è sempre più spinta, determinando l'estinzione dell'operatore specializzato e la conseguente semplificazione nell'utilizzo della macchina

Con l'ingresso dell'elettronica applicata alle rettificatrici per piani siamo entrati, ad esempio, nel settore della coltelleria industriale, dove è richiesta la profilatura della mola. Per quanto riguarda le personalizzazioni, la nostra filosofia si basa sulla costruzione di macchine standard, delegando alla scelta degli accessori il compito di diversificare l'offerta per soddisfare le diverse esigenze.

Tacchella: Potrebbe sembrare vero che in questi ultimi anni le rettificatrici non hanno subito un'evoluzione forte dal punto di vista tecnologico, ma in realtà i costruttori leader di questo tipo di macchine hanno lavorato sodo per arrivare a dei risultati importanti. La Tacchella Macchine, per esempio, negli ultimi 6-8 anni ha completamente rivoluzionato la sua gamma di macchine presentando modelli che vanno dalle apparentemente semplici ma sofisticate rettificatrici elettriche a utilizzo universale comandate da microprocessore fino ai centri di rettificatura ad alta velocità con mole CBN che permettono di lavorare in un solo piazzamento pezzi molto complessi. Quindi, posso affermare che non siamo stati fermi ma tante energie sono state spese in ricerca; cito solo per riassumere i temi principali: idrostatica, sensoristica, microprocessori di comando, strutture delle macchine, elettromandrine, ecologia, ecc.; tutti argomenti che hanno subito sviluppi.

Copaloni: Tyrolit costruisce mole in abrasivo convenzionale e in superabrasivo. In questo settore stiamo assistendo a un cambiamento di tendenza, in quanto l'evoluzione tecnica e le esigenze di mercato comportano una riduzione del consumo dei prodotti abrasivi convenzionali, per esempio le mole in ossido d'alluminio, sostituendoli in misura sempre maggiore con utensili abrasivi in CBN. La clientela è orientata verso la richiesta di mole sempre più performanti. Le nostre proposte, in collaborazione con i costruttori di rettificatrici, pertanto vanno sempre più verso l'impiego di mole in CBN sia a legante elettrodeposto sia a legante ceramico e quindi profilabile.

L'affermazione del CBN vetrificato si determina sulle alte produzioni e sui grandi lotti, dove nascono macchine appositamente concepite che usano l'olio integrale quale lubro-refrigerante



Ezio Copaloni, technical engineering di Tyrolit Mole Abrasivi (azienda del gruppo Swarovski, produzione di utensili abrasivi rigidi convenzionali e diamantati, fornitore di sistemi globali nel campo della rettifica).

Guidotti: Balance Systems progetta e produce apparecchiature ausiliarie per rettificatrici, che svolgono tre funzioni primarie in un unico sistema integrato: equilibratura automatica della mola, controllo di taglio in aria sul pezzo e sul diamantatore, misura dimensionale sia in processo che post-processo. Ciò che viene richiesto ai nostri sistemi è soprattutto di consentire l'adattabilità automatica al processo. Tutte le funzioni che subentrano nei vari momenti del ciclo di lavorazione devono avere la caratteristica di adattarsi in modo ottimo alle prestazioni richieste in termini di precisione, velocità di risposta e affidabilità. Notevole evoluzione hanno le interfacce-operatore che richiedono di monitorare un numero sempre maggiore di informazioni in modo semplice ed ergonomico. Infine, è sempre maggiore l'esigenza di funzioni di programmazione remota, diagnostica e manutenzione preventiva.

Gorgati: Le nostre macchine, rettificatrici a mole contrapposte per produzioni di grandissima serie, sono sempre dedicate al pezzo che deve essere messo in lavorazione. L'automazione è sempre più spinta, determinando l'estinzione dell'operatore specializzato e la conseguente semplificazione nell'utilizzo della macchina. Questo fenomeno comporta un'interfaccia e un'elettronica sempre più immediata, connessa alla ricerca

della qualità e delle tolleranze ristrette sulla produzione di grande serie. La funzione principale per l'ottenimento di tale risultato è il controllo della quota. L'introduzione di nuovi materiali abrasivi a basso consumo come il CBN ha avuto un ruolo fondamentale in questo campo.

Bristot: Produciamo rettificatrici senza centri idonee alla rettifica in passata per particolari monodiametri e a tuffo per particolari con più diametri. La nostra produzione contempla forniture di macchine convenzionali e più sofisticate, a controllo numerico da 1 a 9 assi. Ultimamente abbiamo notato un regresso nella vendita di macchine CN nelle aziende medio-piccole quale conseguenza della contrazione delle disponibilità finanziarie. Sia le macchine convenzionali che le macchine a CN sono molto precise, è chiaro che le macchine a CN sono più flessibili e predisposte a ricevere periferiche di carico e scarico, autonomia, misuratori post-process e renderle completamente autonome con considerevole risparmio di mano d'opera.

Somenzi: Nel campo delle mole abrasive, da alcuni anni ha preso avvio una forte ricerca, che ha dato dinamicità a un settore abbastanza statico. Dopo l'invenzione ed il lancio del CBN alcuni lustri or sono, è seguito negli ultimi anni lo studio di abrasivi convenzionali più performanti, come gli ossidi di alluminio cosiddetti ceramicati (sol-gel, seeded gel), materiali che hanno conquistato il mercato in tutti i principali campi di applicazione del processo di rettifica. In termini di massima prestazione, sia per asportazione sia per rendimento complessivo, il leader del settore è rimasto comunque il CBN, purché il suo utilizzo sia economicamente giustificato. L'affermazione del CBN vetrificato si determina sulle alte produzioni e sui grandi lotti, dove nascono macchine appositamente concepite che usano l'olio integrale quale lubro-refrigerante. Ma anche il CBN legato galvanicamente sta conquistando nuovi spazi soprattutto per la produzione di grandissime serie. Tuttavia, ripeto, il campo di maggiore evoluzione riguarda gli abrasivi ceramicati.

I clienti richiedono di caricare i pezzi in macchina una sola volta, concentrando su una sola macchina il più grande numero possibile di lavorazioni di sgrossatura, finitura o superfinitura



Federico Favretto, presidente di Favretto (produzione di rettificatrici per piani e profili con testa orizzontale e universale).

Pacagnella: *Nel primo giro di Tavola abbiamo parlato del settore della rettifica, ora aggiungiamo qualcosa sulle mole in particolare.*

Sanclemente: Il CBN ha ridotto in parte i problemi di consumo e di rinvivatura delle mole, favorendo le grandi serie. C'è ancora un limite sui costi per le piccole e medie serie. Nella rettifica in tondo con CBN si raggiungono velocità di taglio di 140 m/s. Per la rettifica di interni, l'evoluzione delle mole tradizionali con più capacità abrasiva e meno rinvivature ne ha determinato la posizione prevalente in questo settore.

Tacchella: Le tendenze dei due settori nei quali la nostra azienda opera sono diverse. Per le rettificatrici universali ci si orienta verso la facilità d'uso e il riattrezzaggio veloce della macchina per l'uso da esterno a interno, verso la riduzione dei tempi e la familiarità nella conduzione della macchina. Nell'altro settore, quello delle rettificatrici da alta produzione, la tendenza va ricercata nell'aumento della produttività, anche se le richieste sono differenti, a seconda dei diversi settori a cui è destinata la macchina. I nostri clienti ci richiedono di caricare i pezzi in macchina una sola volta, concentrando su una sola macchina il più grande numero possibile di lavorazioni di sgrossatura, finitura o superfinitura. Inoltre, è molto importante la possibilità che la macchina si configuri automaticamente, i tempi di settaggio della macchina devono essere ridotti al massimo. In questo

panorama, le mole hanno un ruolo fondamentale e i loro recenti sviluppi verso prestazioni elevate hanno sicuramente aiutato ad aumentare la competitività del processo di rettifica. Nell'industria automobilistica, da sempre attenta agli sviluppi nel campo degli utensili, c'è una forte spinta verso le mole CBN, mole per lavorazioni a grossa asportazione con i loro limiti per esempio in certi casi dell'impossibilità a essere diamantate, per cui devono essere rimandate al costruttore. Altro problema è l'inquinamento. Stiamo sviluppando la tecnica MQL (Minimum Quantity Lubrication), che permette di lavorare sempre in alta velocità attraverso nebbie d'olio.

Rastelli: La principale tendenza nel campo delle mole è quella di voler osservare con molta attenzione il cosiddetto fattore Qw, il volume di materiale asportato al secondo per millimetro di fascia della mola ed il fattore G, cioè il volume di materiale asportato nell'unità di volume di mola consumata. Si sono riscontrati ottimi risultati non solo nell'utilizzo del CBN ma anche di materiali convenzionali con leganti particolarmente duri ma che non scaldano il pezzo. Riteniamo fondamentale, quindi, lo scambio di sinergie tra costruttori di mole e costruttori di rettificatrici.

Tagliabue: Noi forniamo le nostre macchine con mole di tipo standard, per tipi di lavorazioni particolari ci appoggiamo ai nostri fornitori, i quali scelgono il prodotto più indicato al tipo di lavorazione e al materiale in esame.

Pacagnella: *Parliamo dell'alta velocità e delle problematiche a essa legate.*

Copaloni: La tendenza del mercato è orientata verso l'alta velocità, questo corrisponde ad una maggiore capacità d'asportazione di truciolo nell'unità di tempo. Tutto ciò pone i costruttori degli utensili abrasivi nella condizione di effettuare continue ricerche sui leganti che consentano di resistere alle sollecitazioni che l'elevata velocità periferica della mola sprigiona. L'aumento della velocità periferica delle mole, e in questo caso mi riferisco alle mole convenzionali in

ossido d'alluminio o in abrasivo sinterizzato a legante vetrificato, tende a conferire alla mola maggior durezza, pertanto i fabbricanti di mole sono costretti a ridurre la percentuale di legante vetroso adottando elementi chimici in grado di conferire uguali prestazioni di resistenza al distacco prematuro del grano, ma soprattutto garantendo un prodotto che non deflagri in rotazione. Oggi, anche con le mole convenzionali, si raggiungono i 120 m/s. Il CBN, sia profilabile che galvanico, è il materiale che meglio si adatta a questa esigenza. Le mole in CBN a legante galvanico sono state concepite per affrontare grandi asportazioni in tempi molto contenuti. Questa soluzione prevede la costruzione di corpi portanti in



Giancarlo Gianaroli, responsabile tecnico-commerciale area Italia di Morara (produzione di rettificatrici per interni, per esterni, universali, centri di rettifica combinati, rettificatrici per il settore del cuscinetto e dell'automobile, rettificatrici speciali; nonché la serie ad autoapprendimento, serie media e serie pesante).

acciaio, pertanto maggiormente resistenti alle tensioni generate dall'alta velocità periferica; l'unico neo è che il grado di rugosità ottenibile, è di 0,4 Ra max.

Suppini: L'elevato costo delle mole al CBN può essere ottimizzato da un contenuto numero di rinvivatura; questo è consentito da sensori acustici che ottimizzano il processo di profilatura.

Rastelli: Oltre alle problematiche legate alla tipologia delle mole, assume fondamentale importanza

L'alta velocità di rettifica al momento è stabilizzata tra i 63 e gli 80 m/s per gli abrasivi convenzionali ed il CBN vetrificato, mentre per il CBN elettrodeposto la gamma è tra gli 80 e i 130 m/s.

l'estrema rigidità della struttura delle macchine. È una necessità molto ben nota a chi costruisce macchine per il taglio dal pieno ("creep feed").

Somenzi: L'alta velocità di rettifica, diciamo oltre i 50 m/s, ha il vantaggio sostanziale della maggiore asportazione nell'unità di tempo. Al momento è stabilizzata tra i 63 e gli 80 m/s per gli abrasivi convenzionali ed il CBN vetrificato, mentre per il CBN elettrodeposto la gamma è tra gli 80 e i 130 m/s. I maggiori campi di applicazione sono la rettifica in tondo esterna di alberi in genere, alberi cambio per auto, alberi a camme e a gomito, valvole e cuscinetti. Le maggiori problematiche riguardano proprio l'incremento della velocità, che fa crescere in maniera esponenziale tutti i difetti della macchina e del sistema connesso alla mola: vibrazioni, giochi, sviluppo di calore, efficacia della refrigerazione, rinvivatura ottimale ecc. Il fabbricante di mole deve, inoltre, studiare leganti in grado di resistere in modo sicuro alle alte velocità periferiche. Gli incidenti dovuti ad esplosione della mola sono fortunatamente estremamente limitati, e ciò grazie all'implementazione continua da parte dei fabbricanti di macchine e di mole dei più rigorosi criteri relativi alla sicurezza di montaggio e di impiego dell'utensile abrasivo.

Tacchella: Per ottenere il migliore rendimento da CBN, la macchina deve essere concepita ex-novo.



Oreste Gorgati, responsabile vendite di Viotto (progettazione e produzione di rettificatrici pian-parallele per alta produzione a mole contrapposte sia ad asse orizzontale che verticale).

Cambiano le velocità di rotazione quindi i mandrini, la struttura macchina è completamente diversa e deve essere importante, rigida ma compatta. L'alta velocità implica un'attenzione ancora maggiore al fattore sicurezza quindi macchine con carenature differenti e sistemi antincendio. La lavorazione richiede accorgimenti particolari nei sistemi di filtrazione del refrigerante e di lavaggio della mola stessa, le pressioni sono elevatissime (60-70 bar per disintarsare la mola, 5-10 bar per la lavorazione) tutto questo deve essere considerato nel progetto della struttura macchina. La sensoristica è fondamentale per tenere sotto controllo tutto in processo. Una vera e propria rivoluzione.

Favretto: Abbiamo fatto applicazioni con macchine utensili ad alta velocità nell'aeronautica, negli stampi e nel settore automobilistico. Per gli stampi, il vantaggio consiste nell'elevato rendimento dell'impianto. Le problematiche riguardano principalmente la formazione dei tecnici che seguono il cliente. Le macchine che lavorano in tondo si rivolgono a un'utenza preparata a questo tipo d'impatto mentre quelle per piani non sono concepite come macchine da produzione. L'avvento di queste nuove tecnologie su questo tipo di macchine ha determinato una vera e propria rivoluzione. Le prestazioni al limite sono di difficile gestione e sono necessarie determinate operazioni di manutenzione. Non bisogna guardare e pensare alla gestione di una rettificatrice, ma a quella di un impianto. Questo discorso valeva già nel momento di transizione che si è verificato con la fresatura ad alta velocità. Un secondo problema è il costo e il valore dell'investimento, anche se esiste un limite di ritorno interessante, ma è difficile riuscire a convincere aziende di medie dimensioni a fare un investimento di tale importanza.

Guidotti: Uno degli argomenti di maggiore discussione legati ai superabrasivi e all'alta velocità riguarda la funzione di equilibratura. Molti si chiedono se, data la struttura delle mole superabrasive (disco metallico con un sottile riporto di materiale abrasivo), sia ancora necessaria una funzione di equilibratura automatica



Andrea Guidotti, project manager Area sistemi di Balance Systems (progettazione, fabbrica, commercializzazione e assistenza di sistemi ausiliari di misura e controllo per macchine utensili).

con monitoraggio continuo dello stato di vibrazione. La risposta è sì. Abbiamo condotto numerosi test presso utilizzatori, riscontrando esiti positivi relativamente al rendimento e alla qualità del processo. L'equilibratura automatica si è rivelata fondamentale per garantire tolleranze sulle vibrazioni residue anche di uno, due ordini di grandezza inferiori rispetto alle soluzioni tradizionali. Il sistema può compensare i pur piccoli errori di centraggio e le variazioni di assetto generate dai regimi variabili di taglio e dovute alla funzione di trasferimento della macchina. Nei casi di macchine in tecnologia high-speed da grandi produzioni, che lavorano a condizioni costanti fino a esaurimento dell'abrasivo, oppure nei casi in cui non sia possibile alloggiare nel mandrino un sistema di equilibratura automatica, è comunque consigliabile eseguire l'equilibratura semi-automatica con mola montata in macchina. Infine, i sistemi di taglio in aria basati su emissione acustica e di controllo dimensionale in-processo forniscono un costante supporto ai processi in alta velocità.

Pacagnella: *Passiamo alle soluzioni per migliorare il rendimento del processo.*

Sanclimente: I costruttori che rappresentiamo hanno dovuto rincorrere nuovi abrasivi e nuove macchine sempre più rigide, cercando nuove soluzioni anche per la centratura della mola sul

Gli incidenti dovuti ad esplosione della mola sono fortunatamente estremamente limitati, e ciò grazie all'implementazione continua da parte dei fabbricanti di macchine e di mole dei più rigorosi criteri relativi alla sicurezza di montaggio e di impiego dell'utensile abrasivo

L'alta velocità implica un'attenzione ancora maggiore al fattore sicurezza quindi macchine con carenature differenti e sistemi antincendio

Per quanto riguarda le vibrazioni, l'integrazione dei sensori acustici può permettere valutazioni e misurazioni continue del processo



Giuseppe Rastelli, responsabile tecnico-commerciale di Officine Meccaniche Rastelli (produzione di rettificatrici per esterni, interni e per piani) e Minini 2000 (produzione di rettificatrici tangenziali tradizionali, per profili e creep feed).

mandrino e sviluppando sistemi di presa speciali. Inoltre, c'è stato uno sviluppo relativo ai sistemi di refrigerazione e filtraggio del refrigerante. Spesso però tali sistemi e impianti sono difficili da inserire nella media impresa per problemi di spazio, considerato che occupano molto più spazio delle macchine alle quali sono allacciati.

Rastelli: Le soluzioni sono molteplici, indubbiamente si parlerà di equilibratura come si è già parlato di abrasivi. Riteniamo importante anche il settore dei controlli numerici. Già 12 anni fa avevamo scommesso sul PC industriale e progettato un software facile da usare ma potente per gestire le nostre rettificatrici, dalla più semplice a quella più complessa. Oggi, tutti parlano di PC industriale quale standard delle applicazioni industriali. Ma ciò che fa la differenza è il software dato a corredo del CNC e che crediamo debba essere progettato direttamente dal costruttore di rettificatrici. È una scelta che richiede un grosso investimento iniziale, ma che garantisce nel tempo costi contenuti, rapidità di sviluppo di applicazioni speciali ed ottimizzazione del rendimento di processo. Importante è anche l'integrazione dei CNC con altre apparecchiature di controllo e monitoraggio, nell'ottica dell'automazione aziendale. Altra caratteristica migliorativa del rendimento dei processi è il servizio

d'assistenza e teleassistenza. Attraverso quest'ultimo il costruttore della rettificatrice può ridurre ulteriormente il tempo di fermo macchina.

Suppini: Una delle tendenze degli ultimi anni riguarda il sensore dimensionale: non si limita più solo al controllo della quota ma può essere utilizzato anche come controllore della velocità reale di asportazione. Il misuratore in process oltre alla quota fornisce, sempre in tempo reale, il controllo di forma, ciò permette di prevenire certe condizioni a rischio e agire sulle compensazioni automatiche di macchina. Inoltre, per quanto riguarda le vibrazioni, l'integrazione dei sensori acustici può permettere valutazioni e misurazioni continue del processo. Ora stiamo cercando di integrare il massimo numero di sensori all'interno del controllo, che si deve integrare nel PC di macchina. Tra le tendenze recenti, riguardo all'alta velocità, bisogna ricordare anche le variazioni superficiali sul pezzo, dovute a lavorazioni particolari. I sensori sono importanti per la misurazione della rotondità, della durezza e la rilevazione delle microfrazioni presenti sulla superficie del pezzo. I sensori a microcorrenti indotte prevengono questi stati sia prima che durante la lavorazione del pezzo.

Gianaroli: Nel campo dell'ottimizzazione del processo di rettifica è fondamentale l'aumento della qualità generale della macchina e delle sue prestazioni con un continuo processo di sviluppo, con l'utilizzo di componentistica di qualità, di controlli numerici digitali di ultima generazione, assieme allo utilizzo di sensori per controllare l'usura diamante, lo stato della mola, ecc. Nell'attività dei processi tradizionali, l'elemento fondamentale di sviluppo sarebbe la mola, che attualmente richiede molto tempo per l'ottimizzazione. L'ideale sarebbe una mola selezionabile come "una placchetta", in modo da poter essere individuata rapidamente e con certezza, in funzione della lavorazione e in base a parametri tabellari.

Somenzi: Come costruttori e fornitori di prodotti abrasivi,

dobbiamo affrontare ogni giorno richieste di continuo miglioramento, con obiettivi in verità estremamente diversificati. Come? Primo, realizzando abrasivi sempre più performanti, in grado di reggere la sfida della produttività di grandi lotti nell'ottica dell'aumento dell'asportazione specifica del materiale, riducendo parallelamente la necessità di ravvivare. Secondo, all'opposto, garantire al mercato delle piccole serie un grande livello di flessibilità della gamma degli abrasivi, ideando quindi tipologie di prodotti integrati abrasivo/agglomerante adatti a lavorare materiali estremamente differenti tra loro, con frequenti cambi di profilo e di dimensione dei pezzi. Terzo, per le grandissime serie, implementare la soluzione CBN elettrodeposto soprattutto per pezzi aventi dimensioni e tolleranze particolari, in contrapposizione alla hard turning.

Tagliabue: Per migliorare la flessibilità e la produttività della macchina, ci interfacciamo continuamente con le necessità del cliente, per soddisfare ogni richiesta, principalmente in termini di tempi-ciclo. Pensiamo, ad esempio a macchine palettizzate o a due tavole in tandem, per abbattere i tempi di attrezzaggio. Un'altra soluzione possibile è la lavorazione in creep-feed o rettifica dal pieno. Per incrementare sensibilmente il rendimento della rettifica in piano, è necessario concepire una macchina potenzialmente nuova, che il mercato, forse, non è ancora pronto a recepire.

Tacchella: Parlando delle macchine ad alta velocità con mole CBN, grande attenzione è stata data a sensoristica, sistemi di filtraggio, set-up macchina rapido, possibilità di utilizzare sulla stessa macchina fino a 4 mole. Tutto questo ha migliorato il processo globalmente, permettendo al cliente di lavorare il pezzo completamente in un unico piazzamento. Indispensabile, inoltre, diventa la sinergia con i vari costruttori di componenti. Le macchine sono agglomerati di componentistica, ognuna delle quali può generare problemi di affidabilità.

Il processo di rettifica è costoso e complesso, per assurdo si tenderebbe a eliminarlo ma non è

Per incrementare sensibilmente il rendimento della rettifica in piano, è necessario concepire una macchina potenzialmente nuova, che il mercato, forse, non è ancora pronto a recepire

possibile, in quanto certi gradi di finitura e certe tolleranze si possono solo ottenere con la rettifica, però le macchine devono essere facili da condurre e molto affidabili, si lavora molto in questa direzione.

Copaloni: Lo sviluppo nel campo delle mole in questi ultimi anni è stato improntato dall'avvento dell'ossido d'alluminio sinterizzato. L'ossido d'alluminio sinterizzato (grani ottenuti per sinterizzazione di microcristalli d'ossido d'alluminio) miscelato in varie percentuali con l'ossido d'alluminio tradizionale (grani ottenuti per frantumazione) ha consentito di fare alcuni passi significativi nella direzione dell'ottimizzazione del processo di rettifica. Infatti, con il suo impiego si possono ridurre gli incrementi di rinvivatura, ridurre i tempi di contatto, ecc. Quello che è importante è che queste



Alessandro Sanclemente, addetto commerciale di Synergon (rappresentanza in Italia di Voumard e Junker (rettifiche), Index e Traub (torni), Hatebur (presse per stampaggio a caldo e a freddo), Alzmetalli (centri di lavoro)).

ottimizzazioni sono state possibili su rettificatrici esistenti già presso i clienti utilizzatori senza particolari accorgimenti.

Favretto: Una macchina concepita con determinate caratteristiche in termini di rigidità strutturale produce miglioramenti netti nell'asportazione del truciolo, legata anche alla capacità di smorzamento, di cui di solito le macchine sono carenti. Questi due aspetti sono quelli che danno grosso incremento nell'asportazione di materiale e nella preservazione della taglienza dell'utensile. Infatti, nella macchina

per piani, non sono molti i casi in cui si può intervenire convenientemente con mole e superabrasivi. Molti casi sono risolti con utensili tradizionali, per esigenze di materiali. L'impatto della rinvivatura è estremamente importante. Misura del pezzo e sistema a ultrasuoni per il controllo della mola e del diamante sono fondamentali. Un nuovo progetto riguarda una macchina con caratteristiche miste, a carico della testa portamandrino che farà operazioni di rettificazione con cambio mola automatico e utensili, potendo dunque caricare frese e punte per forare. Si combinano dunque varie fasi sulla stessa macchina.

Guidotti: Il rendimento del processo è influenzato da innumerevoli fattori. L'ottimizzazione del rendimento passa attraverso la selezione e il filtraggio di informazioni raccolte da sistemi in grado di rilevare, collezionare ed elaborare misure in modo da correlare tra loro variabili ed eventi, al fine di selezionare solo quelli di reale contributo. Anche in questo processo, però, lo "zampino" dell'esperienza gioca un ruolo fondamentale. L'assenza, infatti, di leggi fisiche in grado di spiegare matematicamente molte correlazioni, impone che molte fasi di ottimizzazione del rendimento siano ottenibili solo con la sperimentazione e l'ausilio di strumenti adatti ad essa. È così che nel tempo si sono affinati i sistemi di taglio in aria, in grado di abbattere i tempi morti di avvicinamento al pezzo; si sono introdotti metodi di controllo adattativo durante il processo di taglio, basati sulla misura in tempo reale della potenza attiva assorbita dal motore del mandrino; si sono evoluti sistemi di elaborazione numerica basati su microprocessori e dsp in grado di tenere sotto controllo in tempo reale una molteplicità di grandezze misurate da sensori distribuiti a bordo macchina.

Gorgati: Per migliorare il processo è necessario avere un monitoraggio sempre più spinto della macchina, per poter avere un miglioramento strutturale continuo.

Bistrot: Per ciò che riguarda le mole notiamo la mancanza di tecnici specializzati che siano in grado di



Giuseppe Somenzi, product manager di Saint Gobain Abrasives (divisione della Compagnie de Saint-Gobain, fabbricazione e distribuzione di prodotti e sistemi abrasivi).

risolvere i problemi di rettifica che spesso ci accompagnano. La rettifica rimane un campo molto empirico e non sempre si ha la certezza assoluta di ottenere i risultati che ci siamo preposti.

Pacagnella: I centri di lavorazione sono ormai equipaggiati con diversi accessori per rettificare e fresare, e si assiste a un'erosione del mercato della rettifica da parte delle lavorazioni di tornitura. Volevo chiedere ai costruttori se questa tendenza ha determinato una ricaduta negativa sul mercato. Basti pensare al sempre crescente utilizzo di inserti in CBN. Un fenomeno che dipende anche dalla tipologia di macchina.

Bistrot: I torni tendenzialmente tentano di toglierci parte del mercato; ci stiamo comunque sviluppando in modo da erodere una parte del loro mercato. Per fare questo abbiamo bisogno di aumentare la capacità d'asportazione e anche qui è necessario l'aiuto del costruttore di mole.

Rastelli: Anche la tecnologia del taglio dal pieno, o "creep feed", ha eroso spazio ai torni e alle fresatrici. Noi utilizziamo questa tecnologia sulle rettificatrici per piani dal 1980 con risultati molto interessanti. Il campo delle applicazioni è enorme, sebbene la tecnologia sia ancora poco diffusa.

Gorgati: Per noi, è l'effetto contrario a interessarci. Operazioni

L'ottimizzazione del rendimento passa attraverso la selezione e il filtraggio di informazioni raccolte da sistemi in grado di rilevare, collezionare ed elaborare misure in modo da correlare tra loro variabili ed eventi, al fine di selezionare solo quelli di reale contributo

Per migliorare il processo è necessario avere un monitoraggio sempre più spinto della macchina

Nel settore delle macchine per piani, ci sono state applicazioni su piccoli particolari migrate alla fresatura



Adriano Suppini, sales and marketing manager grinder products di Marposs (sistemi elettronici da officina per la misura, il controllo e la gestione della qualità dimensionale, geometrica e superficiale delle parti meccaniche).

che tradizionalmente erano eseguite dopo il processo di rettificazione sono state introdotte nel processo di super-rettifica.

Guidotti: Come fornitori di sistemi ausiliari, affrontiamo problematiche di applicazione anche su macchine utensili diverse dalla rettifica. L'esigenza, in tal senso, riguarda in particolare tutta la sensoristica adeguata al monitoraggio dell'utensile (presenza, usura, rottura, ecc.) e alle funzioni di controllo adattativo.

Favretto: Nel settore delle macchine per piani, ci sono state applicazioni su piccoli particolari migrate alla fresatura. La multifunzionalità di questi centri di lavoro fa sì che alcune operazioni siano state dirottate. Il discorso è completamente differente per la rettifica non in piano.

Somenzi: Il cambiamento, che pure esiste, sembra ancora piuttosto lento. Significative modifiche del processo riguardano invece, ad esempio, la realizzazione dei fori nel settore dei cambi auto, e nel campo delle trasmissioni. L'impressione, tuttavia, è che i grossi investimenti industriali nel campo dell'automobile, dei suoi componenti, degli organi di trasmissione e dei componenti aeronautici prevedano il processo di rettifica come elemento ancora insostituibile.

Copaloni: Stiamo effettivamente

assistendo ad un cambio di tendenza nell'operazione di finitura. In Italia esistono già reparti in cui l'operazione di rettifica è stata sostituita con placchette in CBN. "Fortunatamente" sembrerebbe che la nicchia più colpita sia l'operazione per interni. Certamente il vantaggio è che quest'operazione d'asportazione di truciolo avviene completamente a secco; inoltre, il truciolo che se ne determina è smaltibile costituendo anche fonte di guadagno. Però, come in tutte le novità, esistono anche degli aspetti negativi, per esempio una placchetta mal si associa su una superficie a taglio interrotto, non sempre la conformazione geometrica del pezzo consente esclusivamente l'operazione di tornitura. Con tutto ciò comunque dobbiamo restare vigili.

Tacchella: La competizione tra tornitura e rettificazione viene da molto lontano ma ad oggi è difficile stabilire se effettivamente la rettificazione ha perso quote di mercato significative. La tornitura ha dei limiti che ne condizionano lo sconfinamento nel nostro campo: tenuta degli utensili lavorando a secco, sostituzione automatica degli utensili, tolleranze di rugosità, profili complessi ecc. Noi crediamo fortemente che il processo di rettifica con i recenti sviluppi sia molto competitivo, si possono avere macchine con 4 mole al CBN che permettono di lavorare pezzi molto complessi in un unico piazzamento, la tenuta delle mole permette di lavorare anche migliaia di pezzi senza intervento, si possono fare operazioni di sgrossatura con asportazioni di millimetri saltando la tornitura e finendo il pezzo in macchina, ecc. Inoltre, stiamo lavorando molto allo sviluppo di tecniche di lavorazione in nebbia d'olio per evitare il grande problema dell'inquinamento dei residui di rettifica. Insomma, la rettifica o i centri di rettificazione hanno ancora molto da esprimere.

Pacagnella: *La semplice tornitura con placchette in CBN, oltre a fornire finiture abbastanza spinte, offre la possibilità di cambiare la placchetta quando è usurata, mentre con la rettificazione è necessario l'azzeramento della mola.*

Tacchella: Stiamo cercando di

sviluppare mole dotate di sensori che ne possano gestire l'usura e la loro vita, per organizzare al meglio gli interventi di manutenzione della mola stessa e aumentarne la durata, non dimentichiamo mai l'elevato costo delle mole al CBN. Uno sviluppo interessante sarà la combinazione delle due operazioni di rettificazione e tornitura, il lavoro di grossa asportazione sarà fatto da un'unità a tornire ma la gran parte della lavorazione graverà sulle mole. In questo modo, si potranno affrontare lavorazioni molto complesse e costose con un'unica macchina e ottenere pezzi finiti di rettifica direttamente dai grezzi. Ma sarà una macchina o centro di lavoro molto diversa dalle attuali sia per la struttura sia per le dotazioni di equipaggiamenti.

Gianaroli: Sulla combinazione di rettifica e tornitura sono necessarie alcune riflessioni. a tutt'oggi sono



Alberto Tacchella, presidente di Tacchella Macchine (progettazione e costruzione di affilatrici, rettificatrici universali, rettificatrici per brocche, rettificatrici cilindriche per esterni e da alta produzione.).

due macchine unite, tornio e rettifica, nella stessa cabina; l'automazione è integrata e sono completamente assemblate, ma sono pur sempre due macchine sostanzialmente diverse. lo sviluppo dei motori lineari potrebbe determinare un salto tecnologico che limiterebbe la concorrenza del tornio. La tendenza, di una parte del mercato, sarà di andare verso macchine combinate, relativamente economiche e molto performanti, dove il mercato si adeguerà alle nuove prestazioni che gli verranno proposte.

Uno sviluppo interessante sarà la combinazione delle due operazioni di rettificazione e tornitura, il lavoro di grossa asportazione sarà fatto da un'unità a tornire ma la gran parte della lavorazione graverà sulle mole



Marco Tagliabue, export manager di Rosa Ermando (costruzione di rettificatrici per piani e profili, con mandrino ad asse orizzontale).

Suppini: La multimola combinata è uno degli sviluppi che ha consentito alla rettifica di mantenere la sua posizione nel mercato. Per quanto riguarda il controllo automatico delle mole, l'analisi in tempo reale delle vibrazioni è molto utile perché consente l'equilibratura automatica in tempo reale mentre i sensori acustici permettono di monitorare la ravvivatura e di ridurre al minimo l'usura delle mole.

Rastelli: Crediamo anche noi che l'utensile, formato da placchette con riporto di CBN, abbia molti inconvenienti per la lavorazione di pezzi con taglio interrotto e pezzi di grosso diametro che debbano ruotare all'alta velocità richiesta. La placchetta è un utensile con sicuro sviluppo futuro, ma la rettificatrice ha ancora molto da dire e dare, specie dove è richiesta contemporaneamente alta precisione ed ottima finitura.

Pacagnella: Prove condotte su acciai temprati con durezza di 60 HRC, utilizzando placchette in CBN, hanno permesso di ottenere rugosità molto spinte, dell'ordine di 0,2 Ra. Certo che eventuali dilatazioni termiche del pezzo, se lavorato a secco, possono comportare errori geometrici.

Rastelli: Quasi sempre la bassa rugosità viene affiancata da errori geometrici ridottissimi. La mola ha un vantaggio notevole in quel senso.

Sanclemente: Per quanto riguarda i limiti della tornitura "dura", bisogna considerare che gli utensili nei torni hanno dei limiti: la difficoltà di lavorazione di materiali con alta

percentuale di cromo, non possono essere utilizzati per superfici con taglio interrotto, la durata limitata.

Pacagnella: *Il problema dell'aspetto ecologico nell'ambito tornitura - rettifica, visto che la prima può essere fatta a secco. Anche se nei centri di lavoro il pezzo è sempre inondato da liquido, proprio per la combinazione tra diverse lavorazioni, di cui alcune hanno bisogno di refrigerazione. La rettifica ha bisogno in ogni caso di questa operazione, al limite con olio minimale.*

Bistrot: Il liquido refrigerante è indispensabile, cambia la qualità e la quantità utilizzata a seconda del tipo di lavorazione. L'aspetto ecologico è un problema.

Pacagnella: *Sul costo totale del pezzo, l'utensile in genere incide dal 3 al 4% mentre il lubrificante incide dal 7 al 10%. La rettifica, che richiede il fluido, fa pensare a problemi di smaltimento e di costo.*

Somenzi: C'è un progetto allo studio per ottenere mole abrasive da rettifica che non prevedano l'utilizzo di refrigerante, anche se ancora a livello di ricerca e sviluppo. Sensibili passi in avanti in campo ecologico riguardano la progressiva eliminazione dello zolfo e del piombo dalle mole e relativi componenti. Per contro, i migliori risultati nella rettifica in serie di grandi lotti sono ancora ottenuti con l'olio minerale integrale quale lubrorefrigerante. Grande attenzione viene comunque riservata al trattamento e smaltimento di questo tipo di sostanze.

Copaloni: Negli utensili abrasivi, zolfo, piombo e antimONIO sono stati eliminati. Con l'avvento del CBN si tende a far largo uso d'olio minerale intero. Sappiamo benissimo quali inconvenienti esso comporta (impianti antincendio, problemi ecologici di smaltimento, ecc.). Purtroppo, se si vuole lavorare con il CBN e ottenere le massime prestazioni, l'olio minerale è l'unico refrigerante utilizzabile.

Tacchella: Non è solo una questione di costi, i processi di lavorazione rendono meglio se c'è liquido refrigerante. La tenuta

dell'utensile e la sua prestazione è completamente diversa. È il problema principale a cui stiamo dedicando molta energia in termini di ricerca. Stiamo sviluppando un progetto per la lavorazione con micronebbia utilizzando la tecnica M.Q.L., siamo convinti che raggiunto il giusto compromesso tra usura mola e quantità di rifiuti da smaltire la rettifica sarà imbattibile perché permetterà di ottenere pezzi finiti a costi competitivi.

Tagliabue: Gli strumenti per alleviare il problema ci sono attraverso pareti filtranti e aspiranti, con un prodotto post-lavorazione più pulito.

Pacagnella: *Ma il problema del raffreddamento del pezzo?*

Tacchella: Il processo di rettificazione genera calore, non bisogna dimenticare inoltre che il risultato sul pezzo è di grande precisione quindi ogni deformazione plastica della macchina deve essere controllata e gestita. La macchina deve essere sempre irrorata d'acqua per tenerla termicamente il più stabile possibile. La lavorazione con micronebbia può essere una soluzione per il raffreddamento del processo, si dovrà tenere conto in aggiunta della stabilità termica di tutta la macchina. Fondamentale, una sinergia tra i costruttori della macchina, dei componenti e gli utilizzatori.

Gianaroli: La rettificatrice necessita di fluido di lavorazione e raffreddamento. Noi abbiamo fatto prove sull'utilizzo di CBN con emulsioni arricchite, non con olio intero. Non sono ottimali ma rappresentano un buon compromesso tra l'utilizzo di un superabrasivo e un costo accessibile d'impianto e di macchina. Oggi, la rettifica è una macchina pulita perché grazie ai carter ecologici trattiene tutti i fluidi di lavoro: l'aria è filtrata al 99% e può essere reimpressa nell'ambiente, il lubrorefrigerante è separato dai fanghi, gli oli di lubrificazione raccolti separatamente pronti per la rigenerazione. Quindi, la macchina è molto avanti nel ciclo dei materiali di scarto, in quanto li fornisce già separati e con la loro precisa composizione.

La placchetta è un utensile con sicuro sviluppo futuro, ma la rettificatrice ha ancora molto da dire e dare, specie dove è richiesta contemporaneamente alta precisione ed ottima finitura

La lavorazione con micronebbia può essere una soluzione per il raffreddamento del processo, si dovrà tenere conto in aggiunta della stabilità termica di tutta la macchina