

La lubrificazione minimale nei mandrini per alta velocità

Lo sviluppo di una macchina per fresatura ad alta velocità è una delle realizzazioni più complesse per il progettista di macchine utensili. Si tratta di armonizzare tra di loro le varie esigenze strutturali e impiantistiche che comportano scelte che in prima istanza sembrano in contrasto tra loro. Le esigenze primarie per un tale progetto sono quelle di avere masse ridotte, bassi momenti d'inerzia, elevata rigidità strutturale, bassa sensibilità alle derive termiche, ac-

Lavorazione
ad alta velocità
su macchina
Dynamill 3000
Mecof.



Un progetto applicativo di lubrificazione aria-olio per mandrini di fresatura stampi, con l'integrazione di dispositivi di controllo automatico del dosaggio olio.

curata equilibratura delle masse rotanti e elevata precisione dei pezzi oltre che del montaggio. A questi approfondimenti sulle caratteristiche costruttive della macchina, si aggiungono poi ulteriori temi da sviluppare: la scelta del sistema di programmazione, quella del controllo numerico e dei componenti e accessori della macchina: come per esempio il mandrino e l'utensileria. Come pure la scelta delle soluzioni impiantistiche accessorie quali l'impianto di lubrificazione. Quest'ultimo aspetto riveste una

importanza particolare nell'ambito dell'alta velocità.

Sviluppo di un particolare impianto di lubrificazione

L'esperienza di cui parleremo qui di seguito riguarda la collaborazione fra MWM Schmieranlagen, società specializzata nello sviluppo di sistemi di lubrificazione minimale per l'alta velocità, e la Mecof, nota azienda che opera nel campo della fresatura degli stampi come produttore di fresatrici di precisione ad alta velocità, per lo sviluppo di un particolare

di M. Mazzoni, L. Rizzo

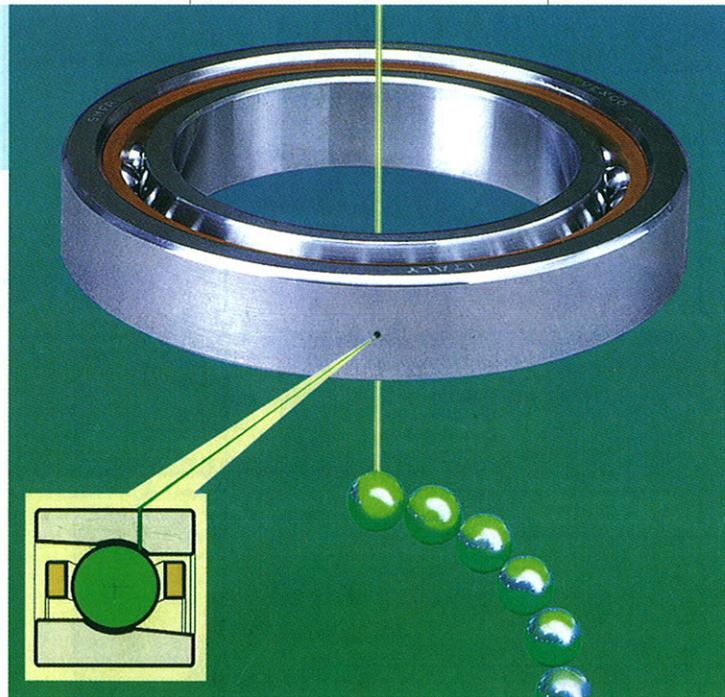


Macchina per
fresatura
stampi ad alta
velocità
Dynamill con
testa di lavoro
Twin (visibile a
sinistra a terra).

**Cuscinetto Somecat alta
velocità predisposto per
lubrificazione minimale.**

impianto di lubrificazione destinato a una versione speciale della macchina tipo Dynamill 3000. Per questa macchina, Mecof ha puntato a una struttura in acciaio elettrosaldato che ha permesso di raggiungere una forte rigidità con massa contenuta. La Dynamill 3000 è a banco fisso con mandrino verticale e traversa mobile. Prima di entrare nel vivo dell'esperienza, è bene definire che fresatura ad alta velocità si intende una lavorazione eseguita a una velocità media di avanzamento superiore a 2.000 mm/min con utensili capaci di sostenere una velocità di taglio su ghisa o acciaio di almeno 250 m/min. Per dare un termine di paragone, con macchine tradizionali si raggiungono, su superfici complesse, velocità medie inferiori a 1.000 mm/min e l'utensileria tradizionale in metallo

**Il CN che equipaggia le
macchine Dynamill e che
controlla anche il sistema
di lubrificazione minimale.**



duro lavora a velocità di taglio attorno a 120 m/min.

**Aumento prestazionale e
problematiche tribologiche**

Secondo l'esperienza Mecof, l'accurato studio della lubrificazione ha un ruolo determinante. Infatti la massima velocità raggiungibile per un cuscinetto di precisione è sostanzialmente vincolata a fenomeni termici. L'eccesso di lubrificante causato da un sistema non appropriato genera un'importante dissipazione di energia con conseguente aumento di temperatura. Infatti ad alti regimi di rotazione si ha un peggioramento delle prestazioni dovuto alla centrifugazione dell'eccesso d'olio con conseguente formazione di attrito idrodinamico. In questo senso un appropriato sistema di lubrificazione ha un influsso decisivo sulle prestazioni del cuscinetto e la lubrificazione ottimale è quella che consente la minima temperatura d'esercizio.

Nel caso delle realizzazioni più spinte, come negli elettromandri di fresatura per alta velocità (superiore a 2×10^6 ndm), lo sviluppo dell'applicazione deve essere particolarmente curato: il sistema di lubrificazione deve garantire un'adduzione continua e regolare del lubrificante, che tramite piccoli fori realizzati direttamente sulle piste di scorrimento raggiunge le sfere del cuscinetto.

**Generare solo uno
spessore minimo d'olio**

Con la lubrificazione minimale si ottiene lo scopo di generare solo uno spessore minimo d'olio che viene continuamente rigenerato da un afflusso costante di una minima portata d'olio. La portata minimale per cuscinetti a sfere a contatto obliquo corrisponde a quantità d'olio dell'ordine di $1 \text{ mm}^3/\text{h}$ per ogni millimetro di diame-

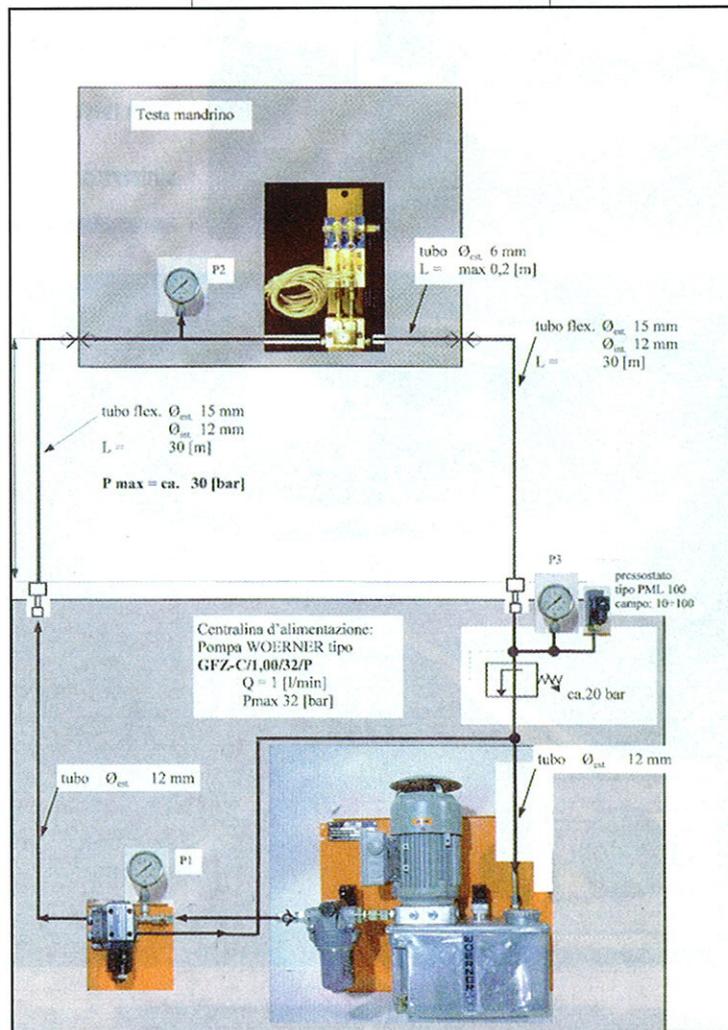
Secondo l'esperienza Mecof, l'accurato studio della lubrificazione ha un ruolo determinante. Infatti la massima velocità raggiungibile per un cuscinetto di precisione è vincolata a fenomeni termici.

tro medio di sfera. Cioè per esempio un cuscinetto con diametro 100 mm necessita di una portata di circa 100 mm³/h. Ma come ottenere una portata così bassa in termini precisi e affidabili, considerando che una goccia d'olio è rappresentata da circa 30 mm³ e quindi realizzare una portata di 100 mm³/h significa ottenere un flusso d'olio costante di circa tre gocce d'olio in un ora?

Con il sistema aria-olio, dosando ciclicamente piccole quantità di olio in un flusso continuo di aria si consente la formazione di portate d'olio molto basse. In questi sistemi è l'aria che trasporta l'olio distribuendolo lungo la superficie interna delle tubazioni e causandone una rarefazione. È così possibile ottenere una portata per esempio di 90 mm³/h, dosando ogni 20 minuti 30 mm³ d'olio in un flusso continuo d'aria. Le quantità d'olio che vengono erogate dal sistema a ogni ciclo di lubrificazione possono essere di valori estremamente bassi, come per esempio 10 o 20 mm³. Cioè 2/3 o 1/3 di una goccia d'olio.

Perfezionare l'architettura del mandrino macchina

Ottimizzare la lubrificazione in funzione dell'alta velocità significa quindi perfezionare l'architettura del mandrino in funzione del sistema di lubrificazione minimale. Quindi oltre a garantire che la minima quantità d'olio raggiunga in maniera precisa e mirata il punto di attrito, si devono evitare le possibili formazioni di ristagno o accumulo del lubrificante che modi-



Schema idraulico del sistema di lubrificazione minimale per centro di lavoro Dynamill 3000.

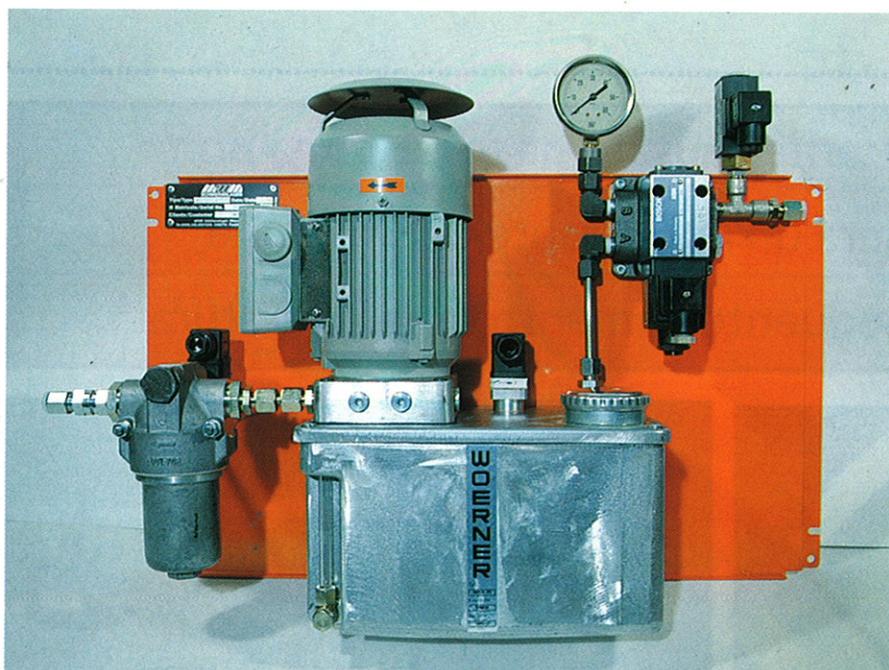
ficherebbero le modalità di alimentazione. Sono da evitarsi discontinuità nelle tubazioni e zone di accumulo dell'olio che creerebbero irregolarità di portata e quindi sbalzi di temperatura.

Sulla macchina Dynamill la scelta Mecof è stata quella dell'impiego di più elettromandri intercambiabili su di una stessa testa di fresatura. Con questa scelta si possono ottimizzare le fasi di lavorazione, utilizzando i diversi tipi di elettromandrino. Per questo motivo si è poi pensato di integrare sullo stesso mandrino parte del sistema di lubrificazione, realizzando per quanto possibile un sistema autonomo. Consentendo con ciò l'utilizzo di mandrini per regimi di rotazione non elevati con lubrificazione a grasso.

La scelta di più elettromandri intercambiabili comporta l'esigenza di un particolare sistema di alimentazione del lubrificante. In questa macchina il processo di cambio mandrino avviene secondo una procedura completamente automatica. Le operazioni di sgancio e riarmo della testa mandrino



Testa Twin con elettromandrino ad alta velocità in fase di lavorazione su stampo.



La centralina di alimentazione del lubrificante installata sulla macchina Dynamill.

possono comportare tuttavia l'intromissione di bolle d'aria che seppur piccole possono creare problematiche al sistema di lubrificazione. Per garantire il corretto funzionamento dell'impianto è stato concepito un sistema di spurgo automatico dell'aria.

Controllo elettronico per il sistema di lubrificazione

La necessità era quindi quella di un preciso sistema di lubrificazione, che potesse assicurare portate minime e costanti, con dispositivi di sicurezza in grado di segnalare eventuali anomalie di funzionamento e ga-

rantire l'efficienza del sistema di lubrificazione. Per questa applicazione si richiedeva che i dispositivi per la lubrificazione, oltre che affidabili, fossero di dimensioni contenute per permettere una integrazione nella sede del mandrino e tali da poter monitorare il processo di lubrificazione per evitare che eventuali anomalie dello stesso portassero a danneggiamenti dei cuscinetti. Perciò il sistema per la lubrificazione minimale aria-olio è stato sostanzialmente realizzato scorporando i componenti dell'impianto in due entità separate: i sistemi di alimentazione principale dell'olio e dell'aria montati a bordo macchina e il gruppo di miscelazione aria-olio montato a bordo mandrino.

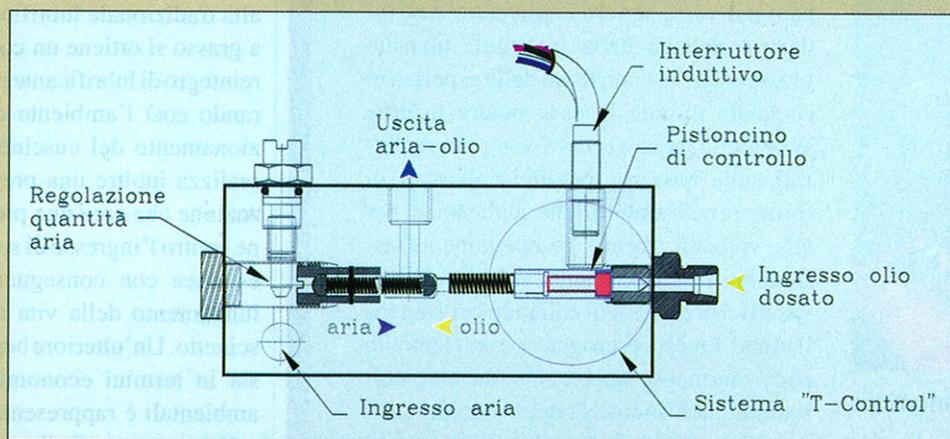
Le fasi di lubrificazione vengono gestite dal CN

Nel caso in esame l'esigenza di montare direttamente sul mandrino il gruppo di miscelazione aria-olio ha comportato un particolare studio di miniaturizzazione oltre che una soluzione di montaggio con ingombri contenuti. Le fasi di azionamento del sistema di lubrificazione vengono gestite direttamente da CN, che è in grado di modificare le caratteristiche di funzionamento del sistema di lubrificazione a seconda del processo produttivo in atto. Il sistema di controllo dell'alimentazione dell'aria-olio ai punti di lubrificazione prevede la verifica sia del dosaggio dell'olio che della pressione dell'aria per ogni singola utenza.

Come funziona un miscelatore aria-olio

Il dosaggio dell'olio è generato da un elemento intercambiabile montato nella parte superiore del miscelatore, gli elementi di dosaggio possono avere diverse cilindrate a partire da un valore minimo di 11 mm³. Nella parte inferiore uno strozzatore regola il quantitativo del flusso continuo di aria. Nel miscelatore aria-

olio risiede il sistema elettronico di controllo dosaggio olio (brevetto MWM). L'ingresso di un certo quantitativo d'olio causa la movimentazione di un pistoncino di controllo che viene rilevato da un interruttore di prossimità che genera un segnale elettrico gestibile dal CN della macchina.

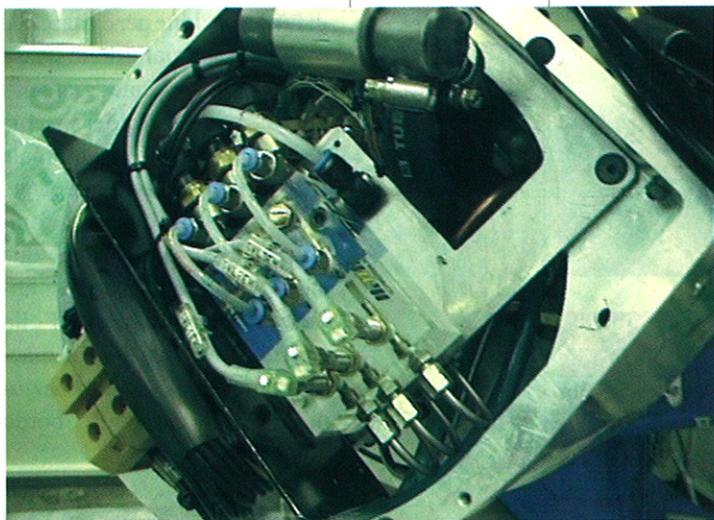


Disegno in sezione di un miscelatore aria-olio con controllo automatico.

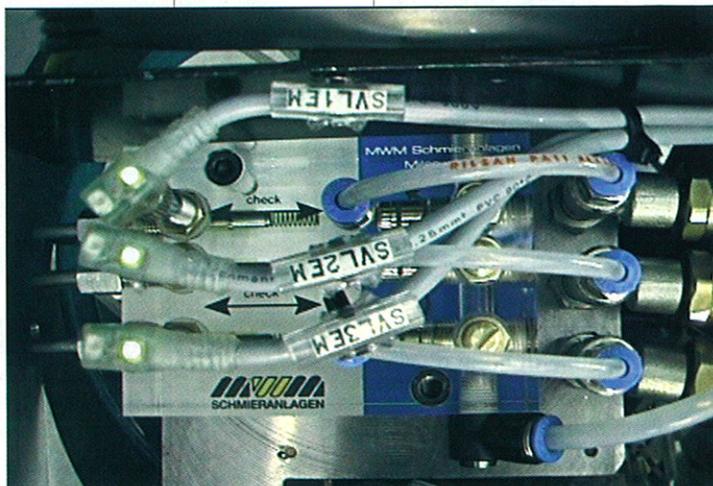
Caratteristiche di sicurezza e vantaggi prestazionali

Considerati i bassi volumi di dosaggio e le problematiche che eventuali anomalie funzionali potrebbero creare al cuscinetto, con questo sistema si è potuto garantire il controllo automatico dell'avvenuta lubrifica-

L'eccesso di lubrificante causato da un sistema non appropriato genera un'importante dissipazione di energia con conseguente aumento di temperatura.



Gruppo di miscelazione aria-olio all'interno della testa portamandrino.



Dettaglio del gruppo di miscelazione aria-olio montato all'interno della testa mandrino. Si notano i cavi di collegamento con gli interruttori induttivi per il controllo dell'erogazione dell'olio.

Specializzata nei sistemi di lubrificazione centralizzata

La MWM Schmieranlagen di Milano, è un'azienda specializzata nella realizzazione di sistemi di lubrificazione centralizzata. Nata nel 1986 come società distributrice in Italia dei sistemi di lubrificazione centralizzata Woerner, oggi MWM ha amplia-

to la propria struttura diventando produttrice di sistemi lubrificazione. Una particolare linea di prodotti riguarda la fabbricazione di centraline compatte per la lubrificazione minima aria-olio. In questo settore la MWM si è specializzata e nel corso degli anni questo tema è stato sviluppato nel vasto settore applicativo dell'industria italiana della macchina utensile grazie anche al contributo delle esperienze acquisite tramite la casa madre tedesca Woerner. Questi prodotti vengono realizzati sulla base di specifici capitolati di fornitura nell'ambito delle applicazioni per alta velocità, forniti completamente assemblati e singolarmente testati, secondo specifici protocolli di collaudo per i singoli utenti. Questa prerogativa è un elemento particolarmente apprezzato da chi, nell'ambito dell'industria della meccanica di precisione, richiede lo sviluppo di prodotti specifici ad alta affidabilità.

zione e con ciò fornire un dispositivo di autodiagnosi al sistema operativo della macchina. Inoltre si beneficia dei vantaggi conseguiti con l'impiego della lubrificazione aria-olio: conseguimento della più bassa temperatura ottenibile con l'impiego di olio, il quale può avere una viscosità più elevata e garantire così una migliore distribuzione dei carichi. Rispetto alla tradizionale lubrificazione a grasso si ottiene un continuo reintegro di lubrificante migliorando così l'ambiente di funzionamento del cuscinetto. Si realizza inoltre una pressurizzazione che crea una protezione contro l'ingresso di sostanze estranee con conseguente allungamento della vita del cuscinetto. Un'ulteriore beneficio sia in termini economici che ambientali è rappresentato dal minor consumo d'olio con l'eliminazione di nebbie oleose disperse in ambiente.



Reparto collaudo centraline di lubrificazione aria-olio MWM.