



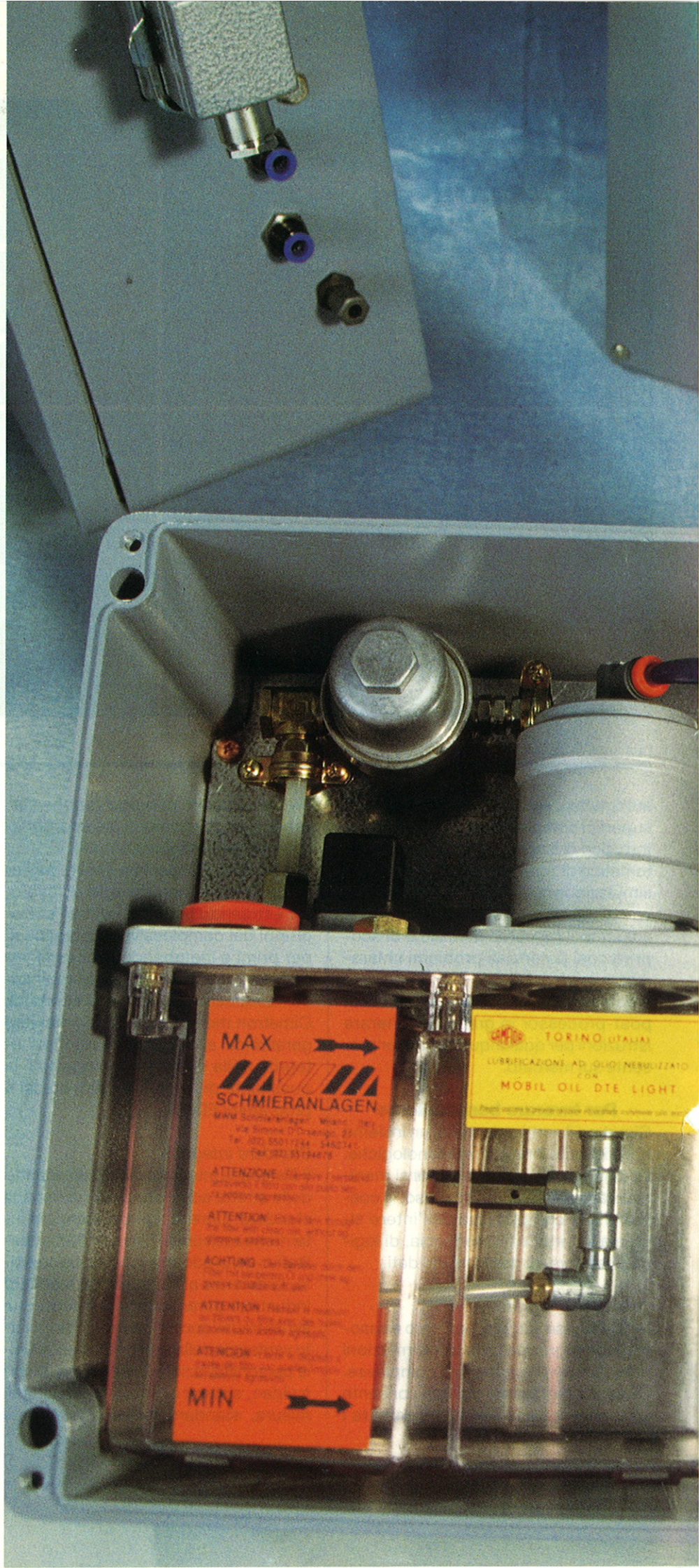
**TECNICA**

di Maurizio Mazzoni

**LUBRIFICAZIONE  
MINIMALE ARIA-  
OLIO PER  
ELETTROMANDRINI**

## Lubrificazione ottimale per l'alta velocità

**Un innovativo sistema per la lubrificazione minimale, sviluppato da un'azienda specializzata in sistemi di lubrificazione, per le particolari richieste applicative di un leader nella costruzione di elettromandrine per alta velocità.**



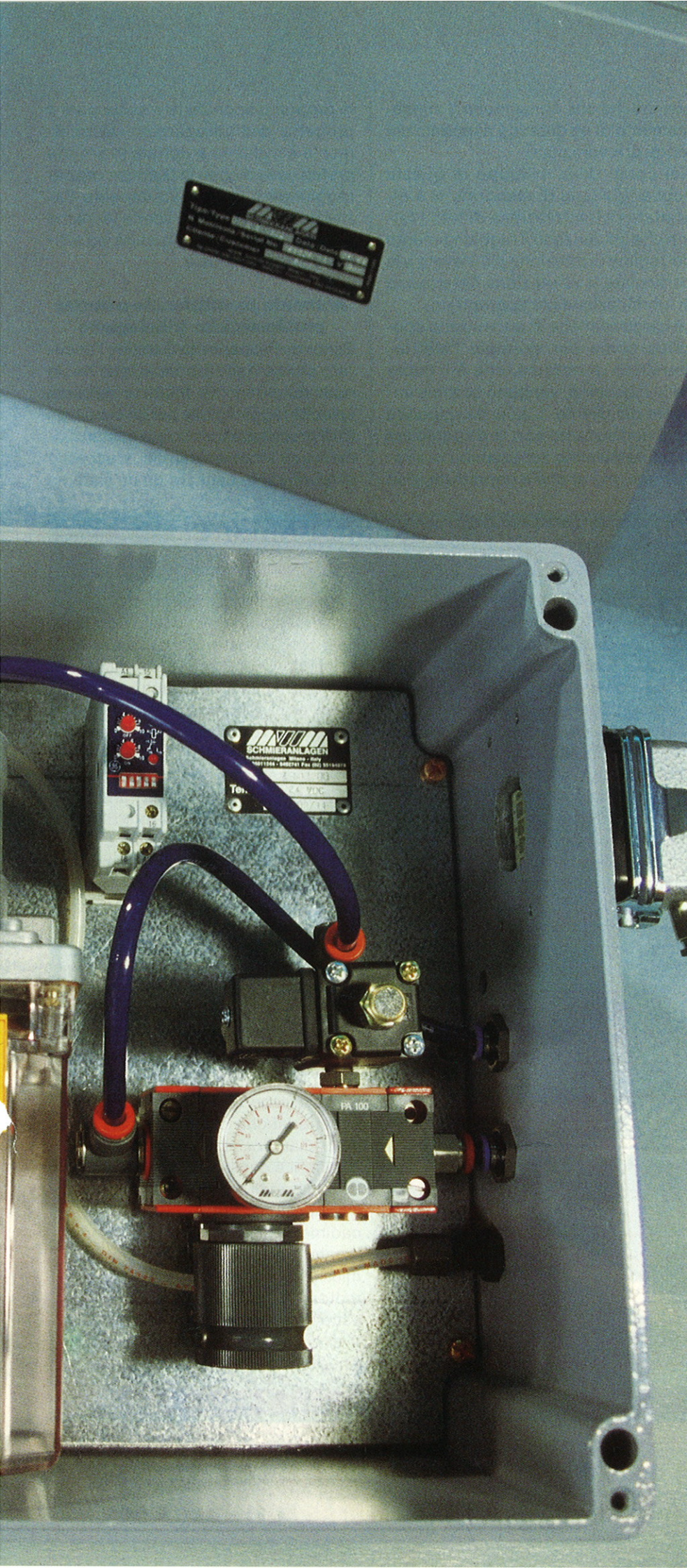
**S**ebbene negli ultimi anni si sia assistito a un continuo progresso delle tecnologie alternative, sia tradizionali (piegatura, tranciatura ecc.) sia non tradizionali (laser, elettroerosione, plasma ecc.), l'asportazione di truciolo resta di gran lunga la più diffusa. In termini qualitativi questo tipo di lavorazione non ha subito modifiche sostanziali e i principi sono rimasti fondamentalmente immutati; in termini quantitativi invece si sono registrati notevoli progressi.

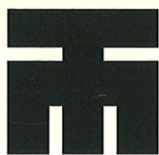
Infatti l'esigenza di lavorare particolari di grandi dimensioni, asportando enormi quantitativi di materiale dal "pieno" nel più breve tempo possibile e con gradi di finitura sempre più spinti, un tempo era prerogativa della sola industria aeronautica/aerospaziale. Oggi invece questa esigenza è sempre più estesa all'industria automobilistica e quella della produzione degli stampi e ha fatto crescere la richiesta di macchine utensili con potenzialità produttive via via maggiori.

Questa necessità si è potuta soddisfare grazie al continuo aumento delle velocità di taglio reso possibile dall'utilizzo di materiali per utensili sempre più duri e dagli studi di laboratorio effettuati sulle alte velocità di taglio. Per realizzare in termini industriali questi progressi si è reso necessario ricorrere a mandrini per fresatura e tornitura sempre più veloci, di dimensioni medio/grandi, di elevata potenza e rigidità.

Fino ai primi anni Novanta la produzione dei mandrini per fresatura era, in generale, prerogativa dei produttori di macchine utensili come parte integrante della macchina stessa con prestazioni, salvo poche eccezioni, non adatte allo sfruttamento ideale dei nuovi materiali per utensili.

Vista l'impossibilità da parte della maggioranza dei costruttori di macchine utensili di affrontare autonomamente le difficoltà connesse allo sviluppo e alla ricerca di questa nuova generazione di mandrini si è assistito a un fenomeno di specializzazione e





## Lubrificazione ottimale per l'alta velocità

modularizzazione che ha portato a un allargamento del mercato dei mandrini.

Gamfior, quale realizzatrice di componenti e non di macchine complete, ha così potuto beneficiare di questo allargamento di mercato. Avendo puntato sulla meccanica di precisione applicata all'alta velocità, ha sviluppato i propri prodotti curando le pro-

blematiche che consentono il conseguimento di un drastico risparmio dei tempi di lavorazione.

Nel corso dello sviluppo di questa nuova tipologia di mandrini, si è affrontata l'ottimizzazione di tutti i fattori che influenzano il raggiungimento del regime di rotazione più elevato e in particolare la valutazione del sistema di lubrificazione più appropriato.

Le caratteristiche di un prodotto specifico come per esempio l'elettromandrino di rettifica, che è il cuore della macchina, vengono scelte e imposte dal cliente. L'azienda risponde oggi non soltanto con la disponibilità di un vastissimo programma di produzione, ma anche e soprattutto con

la propria disponibilità a sviluppare il progetto dell'utilizzatore. «Normalmente è il cliente a dettare le proprie preferenze» dicono in Gamfior, ma per raggiungere l'obiettivo imposto l'azienda ha dovuto fare scelte tecniche precise traducibili in qualità ed efficienza prestazionale.

### Aumento prestazionale e nuove problematiche tribologiche

Secondo l'esperienza Gamfior, l'accurato studio della lubrificazione ha un ruolo determinante. Infatti la massima velocità raggiungibile per un cuscinetto di precisione è vincolata sostanzialmente da fenomeni termici. L'eccesso di lubrificante causato da un sistema

## Una tradizione aziendale nel campo della meccanica di precisione

La Gamfior opera nel campo della meccanica di altissima precisione sin dal 1928 mantenendo nel corso degli anni la medesima specializzazione produttiva.

La gamma dei prodotti, costituita inizialmente da mandrini, calibri di misura e contropunte, si è però evoluta e adattata alle esigenze di mercato arricchendosi, a partire dagli anni Cinquanta, con la produzione di elettromandrini ad alta frequenza per rettifica quindi, negli anni Sessanta con la produzione delle viti a ricircolazione di sfere e infine, negli anni Settanta, con quella di azionamenti elettronici per elettromandrini e di convertitori statici di frequenza.

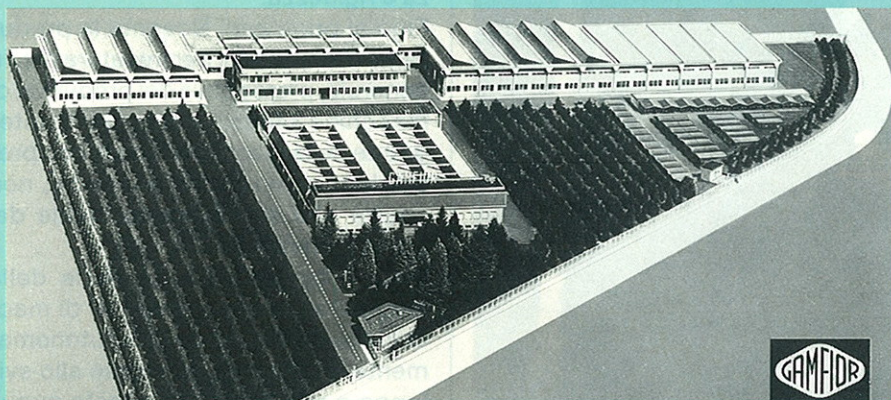
Amministrata e guidata del suo fondatore e titolare, Cavaliere del Lavoro Luigi Fiorito, dalle origini al 1987. In tale anno Gamfior è entrata a far parte

del gruppo internazionale SKF e successivamente, nel 1991, il controllo dell'azienda è passato al Gruppo guidato dal Cavaliere del Lavoro Sergio Rossi, che lo detiene tuttora.

Lo sforzo economico in termini di investimenti, intrapreso a partire dal 1992, e mirato alla ristrutturazione del reparto progettazione, con l'introduzione di moderne tecniche Cad, e dei reparti produttivi con l'acquisizione di nuovi macchinari, è risultato premiante consentendo il raggiungimento di maggiori fette di mercato con costi competitivi e prodotti ad alto contenuto tecnologico e di qualità. Questo sforzo economico ha inoltre consentito l'ottenimento della certificazione ISO 9001 nel marzo di quest'anno e l'iscrizione a partire dal 1994 all'albo dei laboratori di ricerca nazionali su autorizzazione del Ministero dell'Univer-

sità e della Ricerca Scientifica. Attualmente i prodotti della Gamfior sono costituiti essenzialmente da elettromandrini e mandrini per rettifica di interni, esterni, filettature, ingranaggi, ecc., elettromandrini per fresatura ad alta velocità (di metallo, legno, marmo, vetro e materie plastiche), teste di alesatura, fresatura, foratura e teste multiple per macchine transfer, e dalle viti a sfere di altissima precisione. La struttura del mercato è specificamente quella delle macchine utensili in senso lato: macchine utensili monoscopo, macchine multiscopo, centri di lavorazione, celle o sistemi includenti, unità operatrici di rettifica ovvero di fresatura. La committenza è quindi da identificare nei costruttori di macchine utensili e sistemi di lavorazione, e comprende sia il mercato italiano sia quello internazionale (il 60% della produzione degli elettromandrini è destinato alla esportazione).

Caratteristiche preminenti dei prodotti Gamfior, e in particolare dei mandrini e degli elettromandrini, sono l'utilizzo di componenti cementati e temprati per prevenire usure e decadimenti di precisione in funzionamento, accurata equilibratura dinamica di tutte le parti rotanti, utilizzo di motori di elevata potenza specifica estremamente versatili e di cuscinetti in classe di precisione Abec 7 o Abec 9 a seconda delle applicazioni.



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

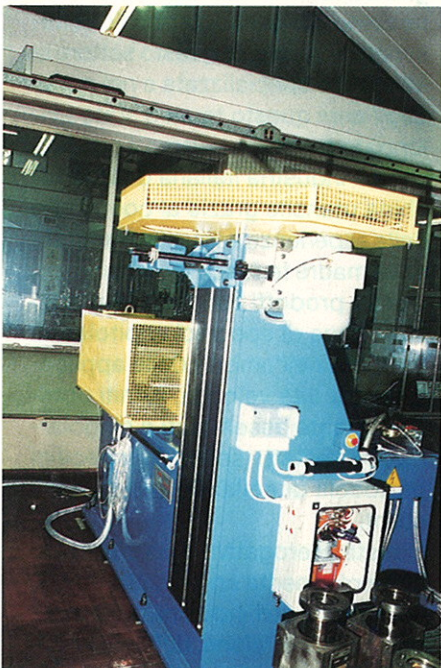
In questo senso il miglior sistema di lubrificazione ha un'influsso decisivo sulle prestazioni del cuscinetto e la lubrificazione ottimale è quella che consente la minima temperatura d'esercizio.

Nel caso delle realizzazioni più spinte, come la produzione di elettromandri di fresatura per alta velocità, lo sviluppo dell'applicazione si complica poiché la necessità di utilizzo di cuscinetti più grossi e di adeguata rigidità richiede la realizzazione di linee di adduzione del lubrificante opportunamente concepite.

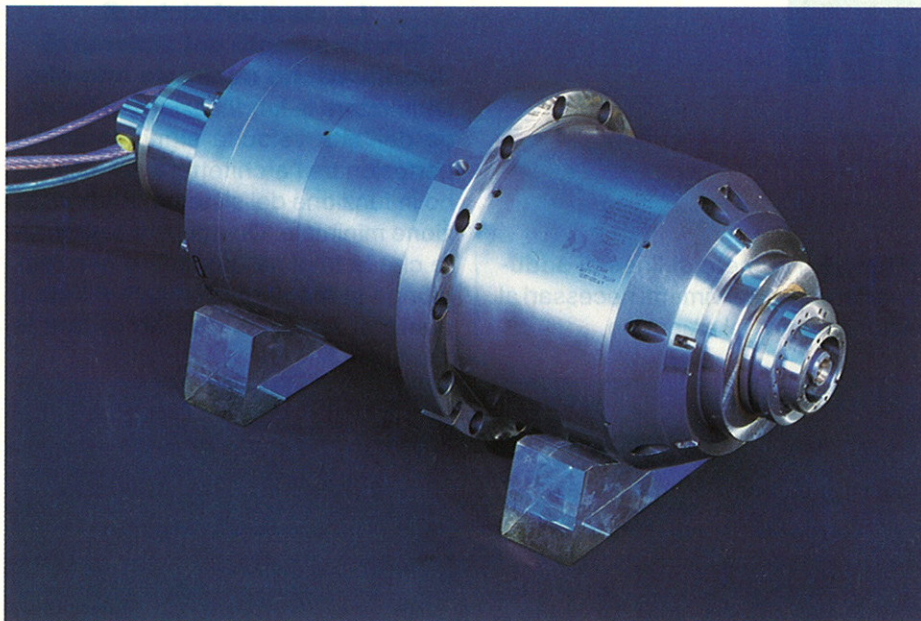
### L'esempio applicativo

Una particolare applicazione ha riguardato gli elettromandri destinati a un produttore svizzero di macchine utensili per lo sviluppo di una fresatrice universale per alta velocità.

Si richiedeva di sopperire ai limiti dei sistemi di lubrificazione tradizionali (in termini di velocità massime, di inquinamento ambientale, di costi, ecc.) così da permettere il raggiungimento



Area collaudo elettromandri in Gamfior nella parte inferiore del banco prova è visibile una centralina di lubrificazione aria-olio MWM



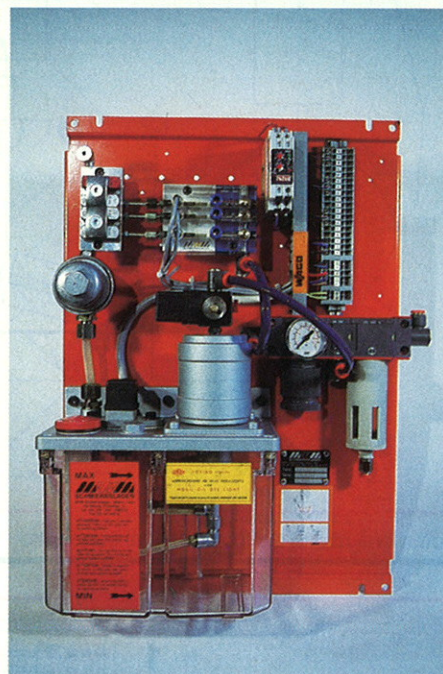
Mandrino Gamfior

di fattori di velocità  $N_{\text{giri}} \times D_m$  superiori ai  $2 \times 10^6$  e sfruttare appieno le potenzialità dei nuovi cuscinetti di precisione con sfere ceramiche sia in termini di maggior velocità sia di maggior rigidità. È qui che una riduzione degli attriti interni comporta il conseguimento di una minore temperatura d'esercizio e quindi la possibilità di incrementare il regime di rotazione. Questo obiettivo è realizzabile utilizzando piccole portate d'olio tramite l'impiego del sistema di lubrificazione minimale aria-olio.

Per questa applicazione si richiedeva che il sistema di lubrificazione, oltre che affidabile, fosse economico e di dimensioni contenute per permettere una facile integrazione modulare nella maggior parte delle macchine utensili e tale da poter monitorare il processo di lubrificazione per evitare che eventuali anomalie dello stesso portassero a diminuzioni inaccettabili della vita dei cuscinetti.

A seguito di una lunga fase di sperimentazione, condotta in collaborazione con la MWM quale fornitrice di sistemi di lubrificazione automatica e con una specifica esperienza nel campo della lubrificazione aria-olio, è stato individuato un sistema di lubrificazione minimale aria-olio dotato di dispositivi di controllo sia delle funzioni di dosaggio olio sia dell'alimentazione della miscela aria-olio.

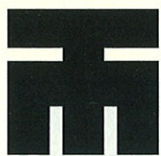
Al fine di diminuire al massimo i tempi di non lavorazione dei particolari e ot-



Centralina aria-olio MWM realizzata su specifiche di fornitura Gamfior

timizzare le fasi di lavorazione, si è presa in considerazione la possibilità di sostituire, a seconda delle lavorazioni, direttamente la testa portamandrino.

Una soluzione di questo tipo ha imposto alla progettazione il problema di realizzare un mandrino pivotante estremamente compatto con adduzioni sui singoli cuscinetti attraverso ugelli opportunamente sagomati. Si è poi pensato di integrare sullo stesso mandrino parte del sistema di lubrificazione, realizzando quanto più possibile un sistema autonomo: in particolare per



## Lubrificazione ottimale per l'alta velocità

contenere il numero di linee di adduzione dei vari asservimenti necessari al funzionamento del mandrino.

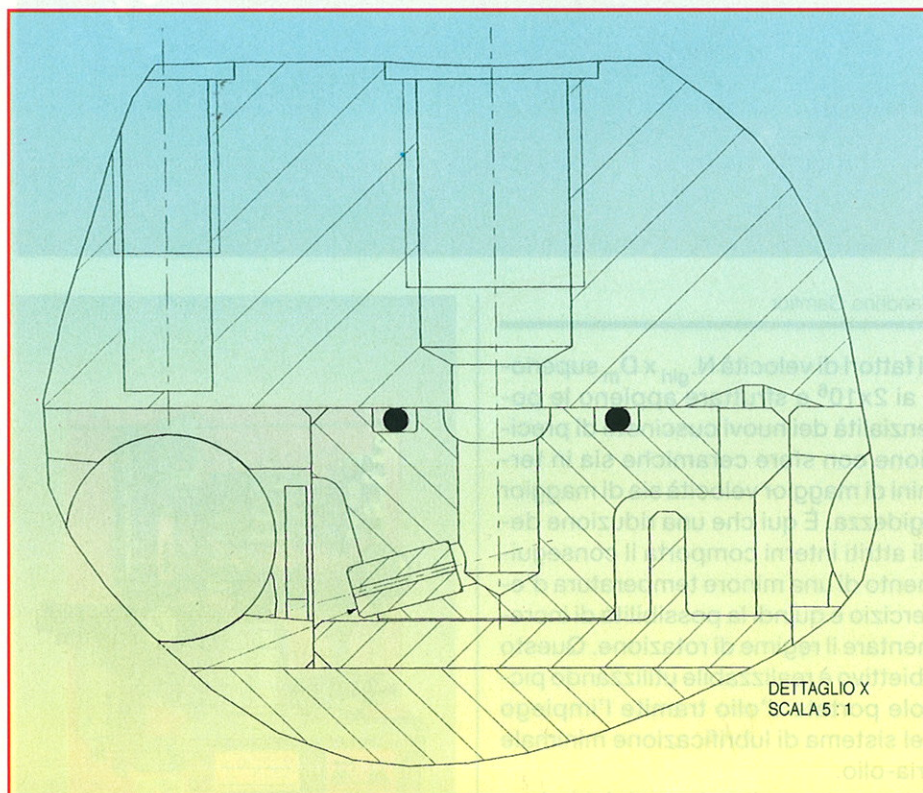
### Le caratteristiche di funzionamento del sistema di lubrificazione minima aria-olio

Ottimizzare la lubrificazione in funzione dell'alta velocità significa anche perfezionare l'architettura del mandrino in funzione del sistema di lubrificazione minima. Quindi oltre a garantire che la minima quantità d'olio raggiunga in maniera precisa e mirata il punto di attrito, si devono evitare le

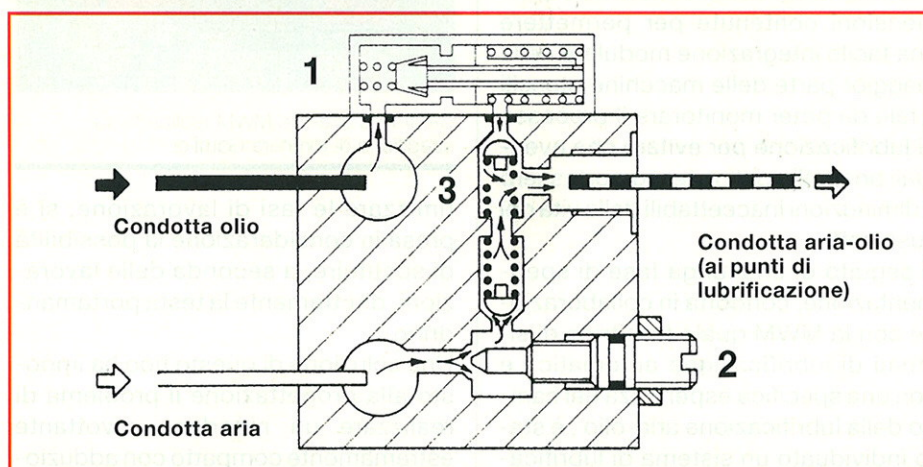
possibili formazioni di ristagno o accumulo del lubrificante che modificherebbero le modalità di alimentazione. In sostanza si deve garantire che il poco lubrificante che viene erogato possa arrivare ad alimentare direttamente il cuscinetto in maniera precisa e mirata.

Sono da evitarsi discontinuità nelle tubazioni e zone di accumulo dell'olio che creerebbero discontinuità di portata e quindi sbalzi di temperatura. Un esempio applicativo di un'adduzione aria-olio è riportato nella figura 5.

La necessità è quindi quella di un preciso sistema di lubrificazione automatica, che possa assicurare portate minime e costanti, con dispositivi di sicurezza intrinseca in grado di segnalare eventuali anomalie di funzionamento. Infatti, nell'ambito dell'alta velocità, i sistemi di controllo che verificano la



Adduzione diretta del lubrificante al cuscinetto



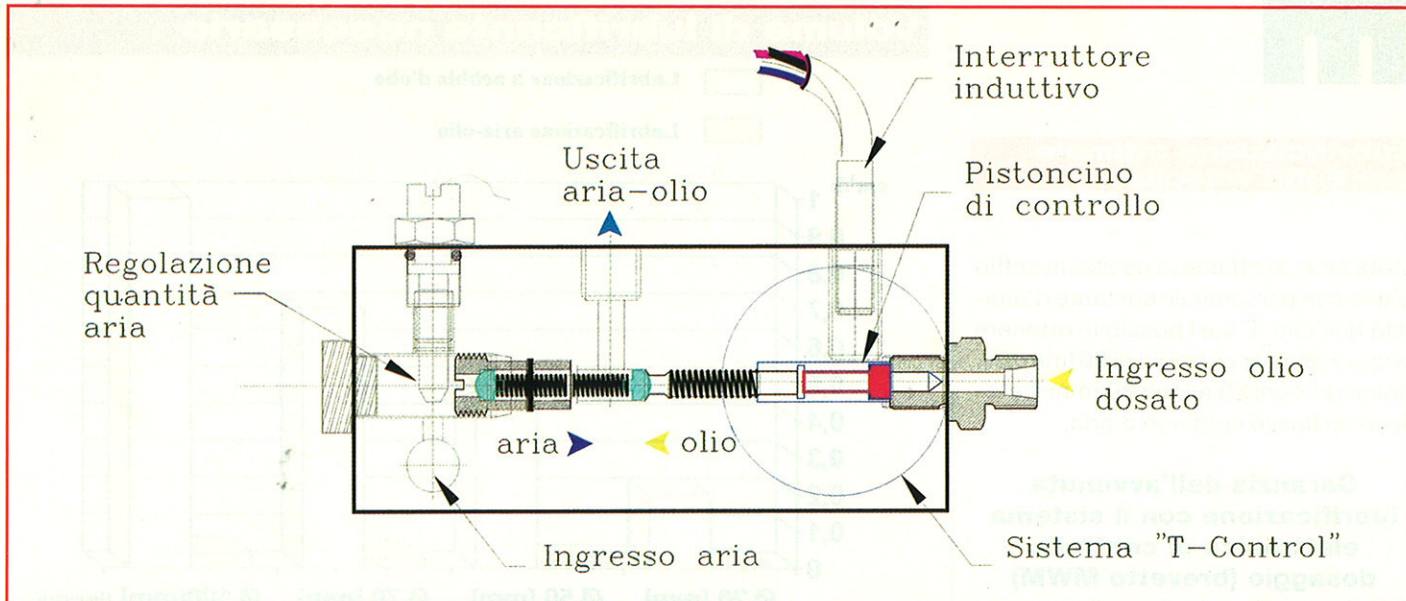
Miscelatore aria-olio Voerline tipo VOE-B funzionante secondo il sistema monolinea. Il dosaggio dell'olio è generato da una cartuccia intercambiabile (1) montata nella parte superiore del miscelatore gli elementi di dosaggio possono avere diverse cilindrate a partire da un valore minimo di 11 (mm<sup>3</sup>). Nella parte inferiore uno strozzatore (2) regola il quantitativo del flusso continuo di aria. Sono visibili le valvole di ritegno nelle due linee di alimentazione aria e olio prima della camera di miscelazione

### Chi è MWM

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 Voerline, oggi MWM ha ampliato 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 al contributo delle esperienze acquisite tramite la casa madre tedesca Voerline.

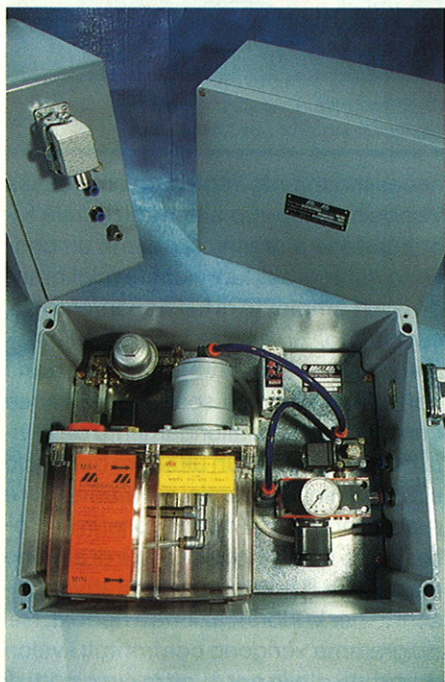
Questi prodotti vengono realizzati sulla base di specifici capitolati di fornitura nell'ambito delle applicazioni per alta velocità, forniti completamente assemblati e singolarmente testati, secondo specifici protocolli di collaudo per i singoli clienti.

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.

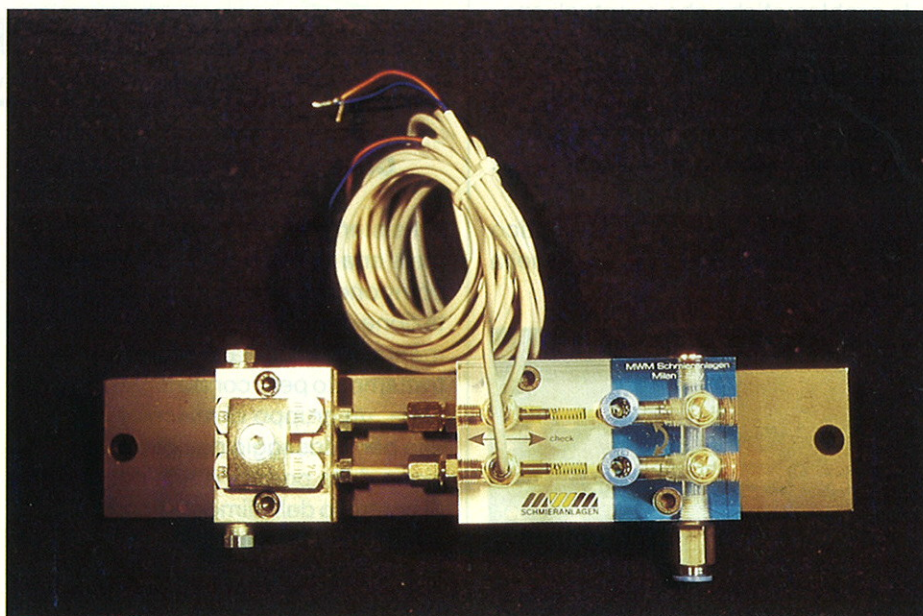


Miscelatore aria-olio con sistema elettronico dosaggio olio (brevetto MWM). L'ingresso di un quantitativo d'olio, precedentemente dosato, causa la movimentazione di un pistoncino di controllo. Il movimento viene rilevato da un interruttore di prossimità che genera un segnale elettrico gestibile dal PLC della macchina

temperatura di funzionamento presentano delle inerzie termiche troppo elevate per garantire, in caso di sovratemperatura, un fermo macchina senza rischio di collassamento dei materiali.



Centralina di alimentazione dell'olio montata all'interno di un contenitore in Lateralmente si nota il connettore multipolare per i collegamenti elettrici

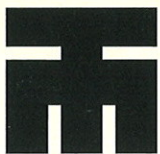


Dettaglio del gruppo di miscelazione aria-olio da montare all'interno della testa mandrino. Si notano i cavi di collegamento con gli interruttori induttivi per il controllo dell'erogazione dell'olio

La garanzia dell'efficienza del sistema di lubrificazione, tramite dispositivi di controllo elettronici collegati a un'unità di governo, riveste quindi un ruolo determinante. Con la lubrificazione minima 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 minima per cuscinetti a sfere a contatto obliquo corrisponde a quantità d'olio dell'ordine di 1 [mm<sup>3</sup>/h] per ogni millimetro di diametro medio di sfera. Per esempio un cuscinetto con diametro 100 mm necessita di una portata di circa 100 [mm<sup>3</sup>/h]. Ma come ottenere una portata così

bassa in termini precisi e affidabili, considerando che una goccia d'olio è rappresentata da circa 30 [mm<sup>3</sup>]. Quindi realizzare una portata di 100 [mm<sup>3</sup>/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 causando una rarefazione. Con tubazioni sufficientemente lunghe (almeno due o tre metri) lungo le quali l'olio si di-



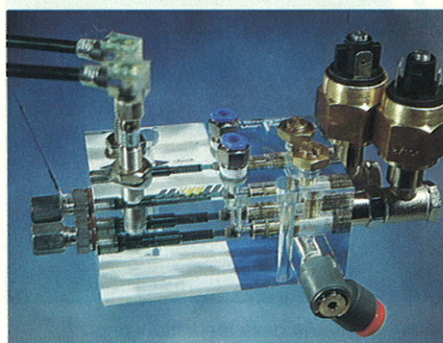
## Lubrificazione ottimale per l'alta velocità

stribuisce, si ottiene in uscita un soffio d'aria con percentuale costante d'umidità dell'olio. È così possibile ottenere una portata per esempio di 90 [mm<sup>3</sup>/h], dosando ogni 20 minuti 30 [mm<sup>3</sup>] d'olio in un flusso continuo d'aria.

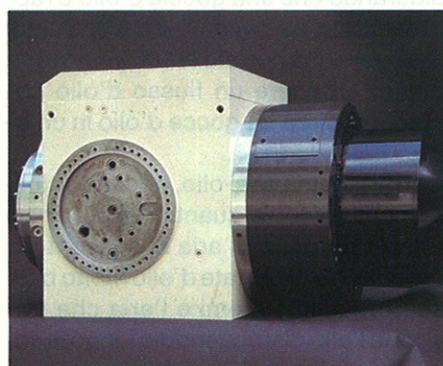
### Garanzia dell'avvenuta lubrificazione con il sistema elettronico di controllo dosaggio (brevetto MWM)

Considerati i bassi volumi di dosaggio e le problematiche che eventuali anomalie funzionali potrebbero creare al cuscinetto nell'ambito dell'alta velocità, i sistemi di lubrificazione minimale possono essere dotati di dispositivi di controllo in grado di garantire l'avvenuta erogazione dell'olio.

Un dispositivo di controllo automatico del dosaggio dell'olio è riportato nella figura 7.



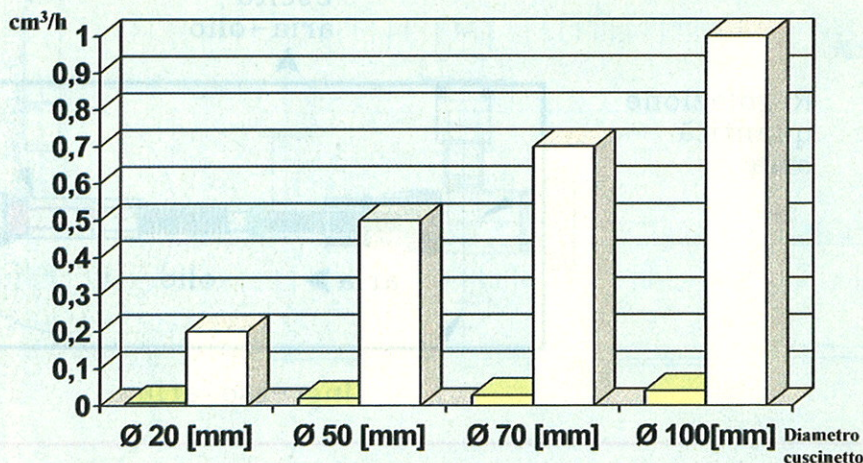
Miscelatore aria-olio MWM a due uscite con controllo di dosaggio olio e di pressione aria per ogni uscita



Mandrino Gamfior montato. Internamente viene collocato il gruppo di miscelazione aria-olio

## Volume di lubrificante necessario

□ Lubrificazione a nebbia d'olio  
■ Lubrificazione aria-olio



Comparazione dei consumi di olio tra il sistema aria-olio e quello a nebbia

### Realizzazione del sistema Componenti costituenti l'impianto

Un sistema per la lubrificazione minimale aria-olio si realizza con i seguenti componenti: una pompa per l'alimentazione del lubrificante, una linea di alimentazione dell'aria con opportuno trattamento per il condizionamento dell'aria, un gruppo di miscelazione aria-olio per il dosaggio dell'olio e la regolazione della portata d'aria con sistema di controllo dell'alimentazione dell'aria-olio ai punti di lubrificazione e una centralina per la gestione e il controllo automatico del processo di lubrificazione. Nel caso in esame l'esigenza di montare direttamente sul mandrino il gruppo di miscelazione aria-olio ha comportato lo scorporo del sistema in due parti con il sistema di alimentazione dell'olio realizzato in una cassetta protettiva in alluminio. Il sistema viene gestito dal PLC di gestione della macchina del cliente, pertanto le varie segnalazioni elettriche fanno capo a un connettore multipolare per il collegamento elettrico all'unità di governo.

### Vantaggi conseguiti tramite l'impiego dell'AO

Oltre al raggiungimento della più bassa temperatura conseguibile, i sistemi di lubrificazione aria-olio comportano degli ulteriori vantaggi. L'olio impiegato può avere una viscosità più elevata mentre nei sistemi a nebbia d'olio si dovevano



Reparto collaudo delle centraline di lubrificazione aria-olio MWM

necessariamente impiegare olii a bassa viscosità. 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 sia ambientali è rappresentato dal minor consumo d'olio. Infatti la riduzione di olio è di almeno dieci volte rispetto al quantitativo prescritto per la lubrificazione a nebbia. Nel diagramma vengono confrontati i valori di portata d'olio per quattro cuscinetti di diametro rispettivamente 20, 50, 70 e 100. Nel caso di lubrificazione aria-olio la portata è sempre al di sotto del valore di 0'1 [cm<sup>3</sup>/h].