



La lubrificazione minimale oggi

Questa particolare tecnologia di lubrificazione nelle lavorazioni per asportazione di truciolo sta prendendo sempre più piede nel mondo industriale

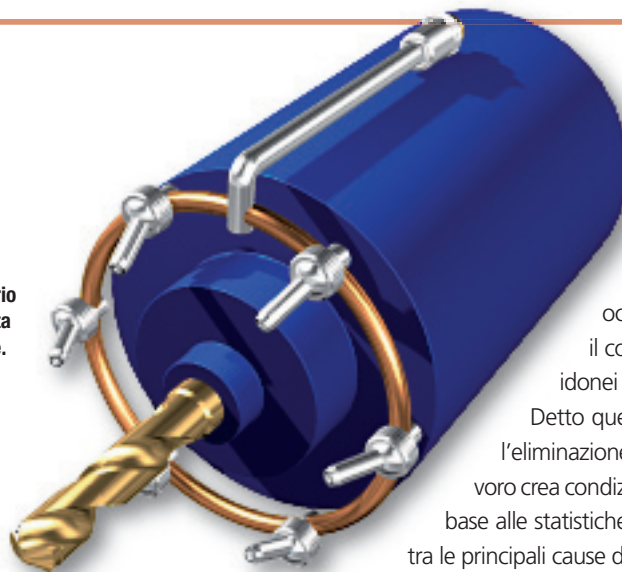
L'idea che sta alla base di questo cambiamento riguarda la quantità e la modalità di apporto di lubrificante e prende il nome di lubrificazione minimale, brevemente indicata con la sigla MQL. Essa prevede un modesto apporto di lubrificante che applicato direttamente nella zona del tagliente dell'utensile comporta una lavorazione del pezzo praticamente asciutta.

Negli ultimi anni le applicazioni e le tecnologie relative alla MQL si sono sviluppate notevolmente e anche in Italia stanno crescendo l'interesse e le applicazioni per questo innovativo metodo di lavorazione. Come spesso accade quando una cosa funziona e comporta indubbi vantaggi, molti operatori più o meno specializzati si sono impegnati negli ultimi anni ad acquisire le necessarie competenze

ed esperienze applicative per offrire prodotti e accessori dedicati alla MQL. In particolare diversi produttori di utensili propongono specifici prodotti appositamente sviluppati. Così oggi il mercato offre un interessante panoramica di sistemi per la MQL, con diverse possibilità di realizzazione di soluzioni complete e più o meno evolute.

Trattandosi di una tecnologia relativamente recente, non tutti gli operatori in ambito nazionale hanno un'esperienza applicativa consolidata. Perciò potrebbe risultare difficile per chi si accinge per la prima volta ad affrontare il tema, trovare dei fornitori adeguatamente preparati. Tuttavia le migliori prerogative di un sistema MQL nei confronti della lubrificazione tradizionale sono concrete. Con le necessarie modifiche e alcuni accorgimenti, un sistema MQL può essere installato su gran parte delle macchine esistenti e soprattutto

MLQ esterna: accessorio a 5 iniettori a tesata orientabile.



occorre reperire adeguati accessori come: il collettore rotante e l'attacco porta utensile idonei alla MQL.

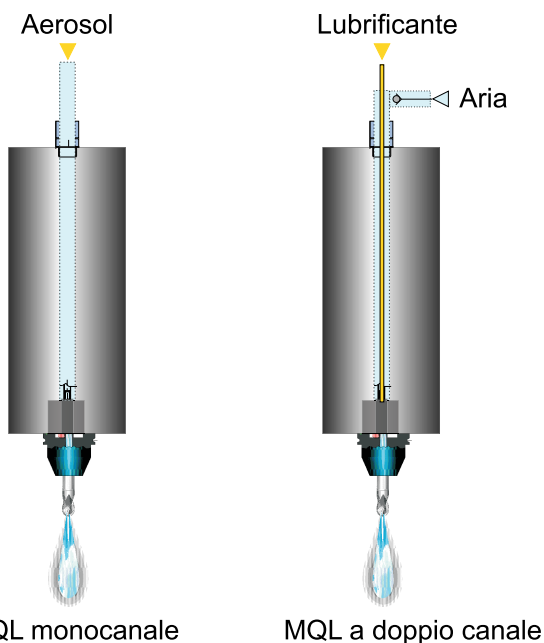
Detto questo, la MQL è ormai una realtà che con l'eliminazione del lubrificante dall'ambiente di lavoro crea condizioni più salutari per gli operatori, anche in base alle statistiche che vedono queste sostanze come una tra le principali cause di malattie dermatologiche.

sulle nuove macchine utensili che nascono appositamente concepite per questo nuovo standard. Da un punto di vista ambientale è relativamente facile spiegare a un operatore di un'officina meccanica il beneficio di avere una gestione di poche decine di millilitri all'ora di lubrificante anziché decine di litri di emulsione oleosa. Come pure sono evidenti i vantaggi di avere sia il truciolo che la macchina asciutta, l'eliminazione degli odori sgradevoli così come l'eliminazione dei sistemi di filtrazione e di soluzioni impiantistiche complesse e costose.

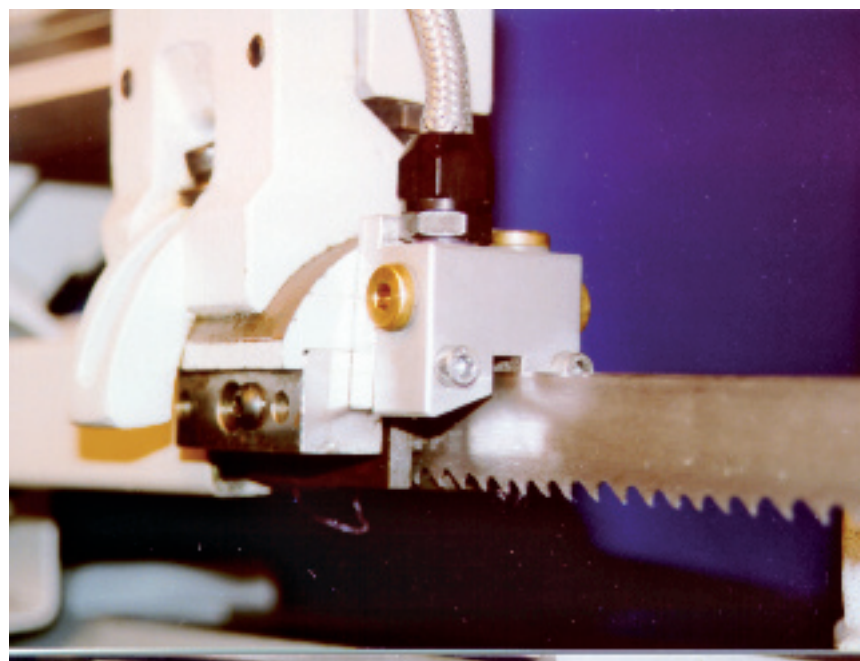
Dal punto di vista dell'applicazione pratica, le difficoltà oggettive per la sostituzione di un sistema tradizionale con un sistema MQL spesso sono superabili ma gli accorgimenti da apportare non sono di competenza di un solo fornitore e comportano il contributo organico di più specialisti. A seconda del problema potrebbe essere necessario coinvolgere il costruttore della macchina e il fornitore degli utensili. Inoltre, per esempio nel caso della MQL interna,

Eppure ancora in Italia la maggior parte degli operatori di macchine utensili non sa che si può lavorare meglio e con maggiore economia sfruttando i molteplici benefici della MQL. Quanti ancora entrando in un'officina meccanica vengono colpiti dagli odori sgradevoli generati dalla contaminazione microbica (*) dei fluidi lubrificanti? Quanti oggi preferirebbero e sarebbero più motivati a lavorare in un ambiente di lavoro più pulito senza odori molesti, senza il pericolo di dermatiti da contatto e senza i costi di esercizio dovuti al rinnovo e allo smaltimento delle emulsioni esauste? Quanti sanno che potrebbero investire in benessere per gli operatori e assicurarsi risultati migliori e gratificanti?

(*) Una delle principali cause dell'alterazione e degenerazione dei fluidi lubrificanti. Comporta potenziali effetti negativi in primis sulla salute dei lavoratori (rischio biologico) dovuti alla crescita microbica e in secondo luogo sulla qualità e sulla performance del fluido stesso. La conseguenza di tali trasformazioni comporta la generazione di prodotti acidi da processi metabolici di tipo fermentativo, nonché la formazione di odori sgradevoli.



MLQ interna: sistema monocanale e a doppio canale.



MLQ esterna: testine di lubrificazione per sega a nastro.



Accessori speciali per la MQL esterna di diverse tipologie di utensili.

Le molte applicazioni concrete provano che con la MQL si può fare truciolo senza inquinare l'ambiente, e anche incrementando le velocità e i parametri di lavorazione, soprattutto per le lavorazioni su acciaio e alluminio, ottenendo anche un miglioramento della qualità superficiale delle lavorazioni.

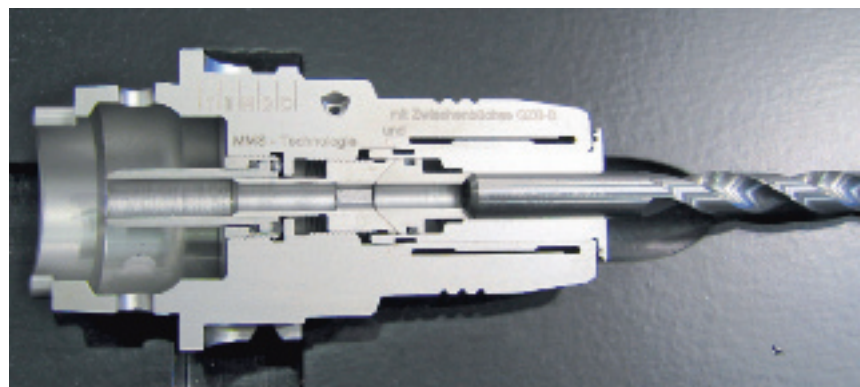
Oggi l'emulsione oleosa non è più l'unico modo per lubrificare l'utensile che asporta truciolo, ma è semmai il modo tradizionale e spesso superato, anche se molti ancora lo considerano l'unico modo possibile di lavorare. Nel frattempo in circa un decennio molte aziende meccaniche soprattutto in Germania e in Giappone si sono adeguate al nuovo standard industriale della MQL e producono oggi elaborati pezzi strutturali di automobili, aerei o motori in assenza di inquinamento ambientale e pressoché all'asciutto.

I campi applicativi

I principali precursori della MQL in Europa sono stati gli impiantisti di aziende tedesche coinvolte nell'ambito di diversi progetti di sviluppo. Il tutto nasce dall'esigenza primaria di diminuire drasticamente il volume degli inquinanti oleosi presenti nelle officine meccaniche e i conseguenti danni alla salute degli operatori e all'ambiente. Questi innovatori hanno concepito e sviluppato, con la collaborazione di enti di ricerca specializzati in tecnologie di produzione lo standard MQL.

In seguito la materia si è ulteriormente perfezionata con lo sviluppo di specifici utensili in abbinamento allo studio di soluzioni impiantistiche e di accessori che potessero sopperire alla mancanza della veicolazione del truciolo, che a differenza della lubrificazione tradizionale, non può essere ottenuta sfruttando una grande portata di lubrificante.

I settori applicativi dove oggi si può impiegare al meglio la MQL sono quasi tutti quelli dove si produce truciolo. Tutti i tipi di macchine utensili per foratura, fresatura, alesatura, tornitura, maschiatura, fresatura di filetti, rullatura come pure foratura profonda. Le macchine



Mandrino portautensile Tendo per MQL interna.

per il taglio sia con seghe circolari che con seghe a nastro. Inoltre nei processi di deformazione e nelle macchine dentatrici. Queste macchine utensili, da quelle più semplici fino a quelle a CN, possono incrementare le loro prestazioni con il sistema MQL.

Occorre però tener presente che applicare un sistema MQL non vuol dire solo montare un impianto in sostituzione di un altro, ma significa applicare una nuova tecnologia di produzione. Quindi, come già detto, è necessario il coinvolgimento di diversi attori con diverse competenze oltre al necessario interessamento del personale addetto alla macchina stessa.

I sistemi MQL esistenti

Le tecnologie di lubrificazione MQL possono oggi essere descritte nell'ambito di tre sistemi fondamentali con possibili varianti impiantistiche da essi derivati. Questi sono:

- Sistemi di lubrificazione minimale esterna.
- Sistemi di lubrificazione minimale interna:
 - A Sistemi a doppio canale.
 - B Sistemi monocanale.

Sistemi di lubrificazione minimale esterna

La MQL esterna rappresenta la soluzione impiantistica più semplice poiché facile da realizzare anche su macchinari esistenti, ovvero non inizialmente concepiti per la MQL.

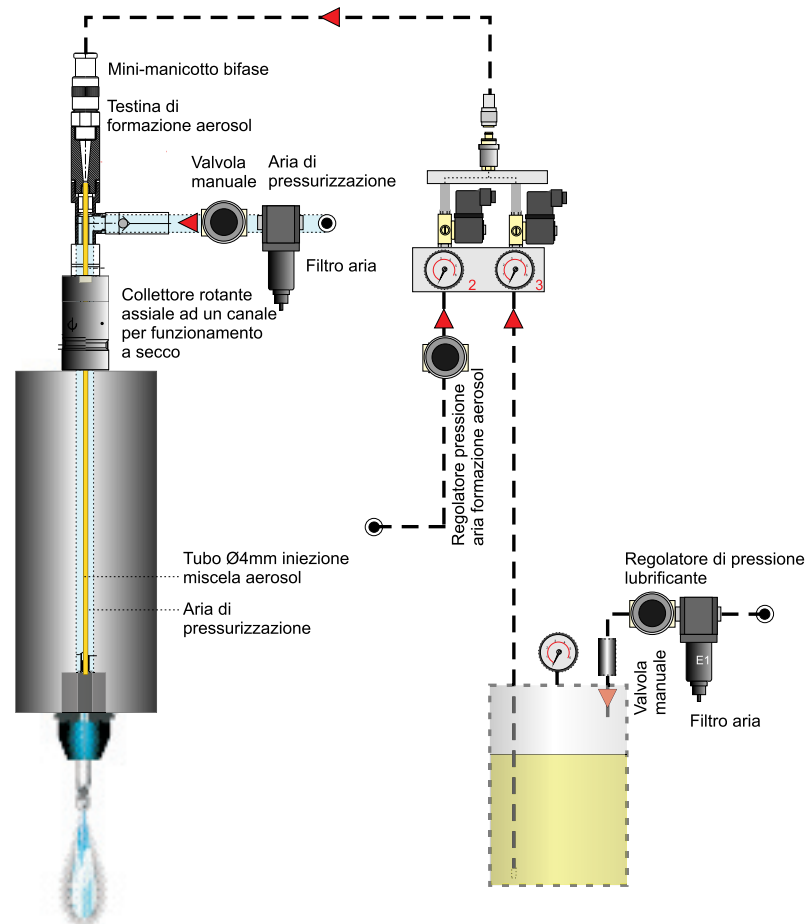
Le applicazioni ricorrenti sono sulle macchine per il taglio, nelle lavorazioni di tornitura, per la lubrificazione di utensili per lavorazioni superficiali come fresature di spianatura, oppure filettature e lavorazioni simili.

Il sistema prevede una centralina di alimentazione pneumatica o pompe volumetriche per l'alimentazione del lubrificante e degli opportuni iniettori per la generazione di un getto esterno mirato nella zona del tagliente dell'utensile. Si possono trovare in commercio diverse tipologie di ugelli adatti alle più disparate esigenze ovvero ai molteplici utensili per distinte lavorazioni meccaniche.

Vi sono iniettori molto precisi e affidabili sviluppati per garantire un flusso stabile e regolare anche a distanze di 15÷20 cm. dal punto di lubrificazione.

Con la MQL esterna si possono erogare portate variabili da 5 a 200 ml/h per iniettore. Si utilizzano lubrificanti sintetici o di origine vegetale non dannosi per la salute umana e con caratteristiche diverse a seconda del materiale da lavorare.

In tutti i sistemi, sia per la MQL esterna che per quella interna, l'ottenimento di una portata minimale è attuato per mezzo della miscelazione di piccole quantità di lubrificante disperse in un flusso continuo di aria a pressione controllata. Nei sistemi per la MQL esterna il lubrificante rimane allo stato liquido oppure si genera



Schema funzionale sistema Microjet® per MQL interna a doppio canale.

una miscela aria-olio allo stato di macro-aerosol (***) in modo tale che lo si possa facilmente convertire in liquido. Per garantire la mancanza di inquinamento ambientale questi sistemi non devono generare nebbia.

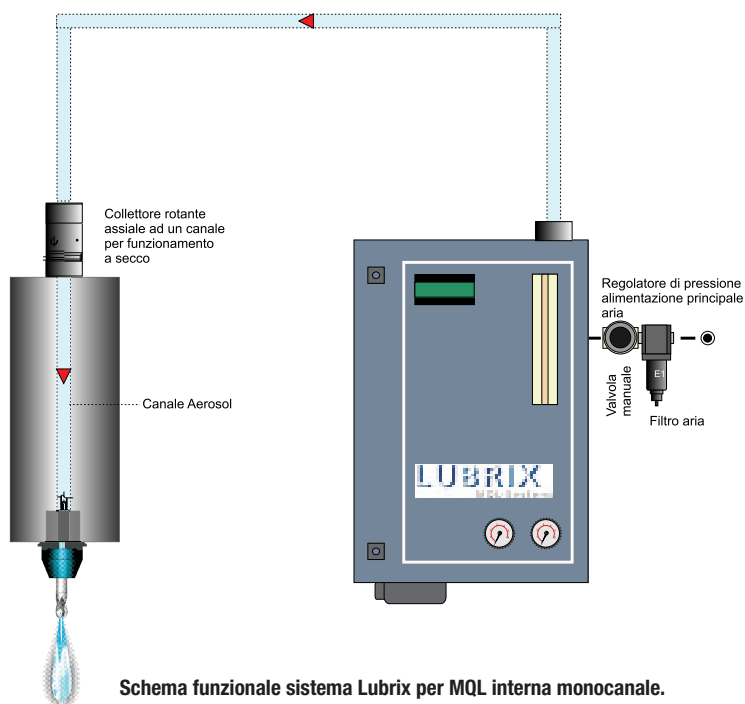
Sistemi di lubrificazione minimale interna

La MQL interna rappresenta la soluzione più completa e con maggiori caratteristiche di applicabilità, in particolare per centri di lavoro e centri di tornitura a CN. In queste macchine si ha la necessità di adeguare il sistema MQL alle mutevoli esigenze in funzione dei diversi tipi di utensili, utilizzabili singolarmente o contemporaneamente per esempio nelle macchine con più mandrini.

Nel caso della MQL interna, l'alimentazione del lubrificante avviene attraverso utensili forati dotati di canalizzazioni interne che convogliano la miscela aria-olio direttamente sulla zona del tagliente.

Nei sistemi per MQL interna si ha talvolta l'esigenza di attraversare e percorrere organi in rotazione come collettori rotanti e mandrini e questo comporta la necessità di alimentare una miscela finemente nebulizzata che può così attraversare i corpi rotanti senza problematiche di centrifugazione.

(**) In fisica: sistema colloidale(***) costituito da particelle liquide e/o solide, con dimensioni di solito da 10 a 50 micron, disperse in un gas. (***)Dispersione di una sostanza, detta fase dispersa, solida, liquida o gassosa, in un'altra detta fase disperdente, che può essere anch'essa solida, liquida o gassosa.



Schema funzionale sistema Lubrix per MQL interna monocanale.

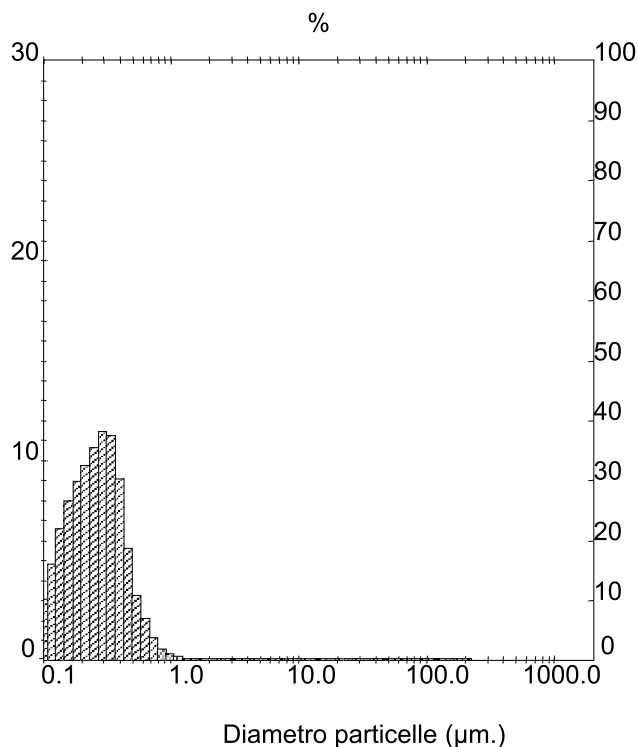
MQL interna a doppio canale

I componenti principali di questo sistema sono un sistema pressurizzato di alimentazione del lubrificante, una canalizzazione interna al mandrino per l'alimentazione dell'aria in pressione e una canalizzazione coassiale alla prima in cui viene immesso il lubrificante sotto forma di aerosol. L'aerosol aria-olio viene generato in una testina di nebulizzazione montata esternamente al mandrino e integrata nel collettore rotante.

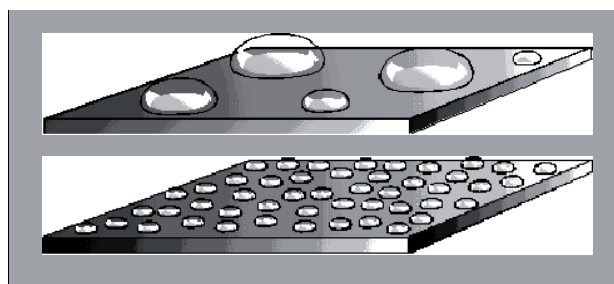
Questo sistema nasce dall'esigenza di attraversamento di assi mandrino rotanti ad alta velocità in cui il problema è che il lubrificante allo stato fluido verrebbe centrifugato e la lubrificazione subirebbe gravi discontinuità. Il fatto invece di alimentare il lubrificante attraverso un tubo che rimane fermo all'interno del mandrino rotante costituisce un'ottima garanzia funzionale ed elimina il problema della centrifugazione del lubrificante ad alto regime di rotazione. Il tubo del lubrificante ha un diametro esterno di 4 mm. e viene inserito nel canale centrale del mandrino. Inoltre nel canale centrale esternamente al tubo del lubrificante viene immessa aria pressurizzata che facilita l'immissione dell'aerosol all'interno dell'utensile. Aria e aerosol si uniscono nella parte finale del mandrino nell'attacco del porta utensile, che deve essere opportunamente predisposto per il collegamento delle due canalizzazioni. Il sistema a doppio canale non può essere utilizzato nel caso si debba attraversare organi rotanti complessi o si abbiano canalizzazioni troppo lunghe.

MQL interna monocanale

Questo sistema è composto da una centralina con un serbatoio pressurizzato in cui un sistema Venturi genera una nebbia molto fine. Attraverso un sistema elettronico di controllo e regolazione si



Grandezza particelle della nebbia aerosol nella MQL interna monocanale.



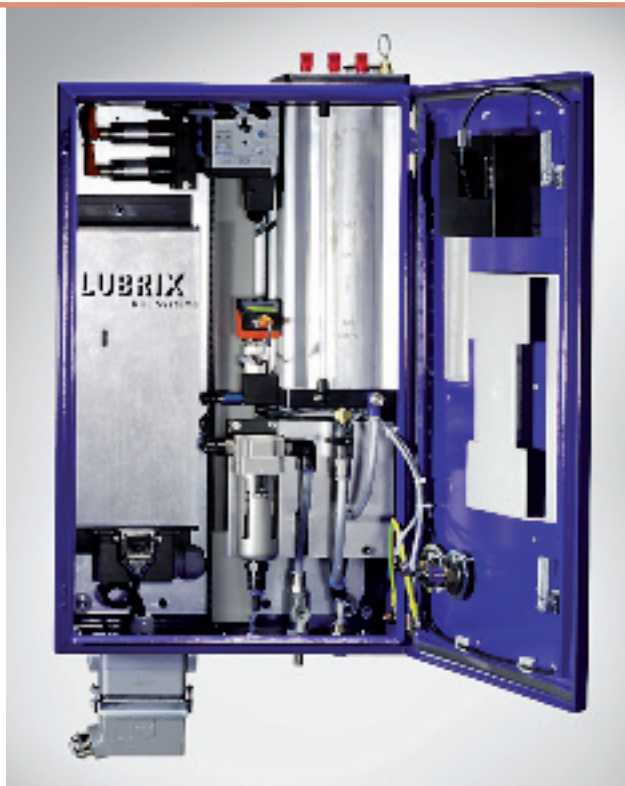
Confronto tra miscela finemente nebulizzata e macro-nebulizzazione.

può modificare sia la percentuale di lubrificante disperso nella nebbia sia la pressione della portante pneumatica.

La nebbia viene alimentata fino all'utensile attraverso un'unica tubazione con diametro esterno da 12 mm. Il fatto che la miscela sia finemente dispersa in una nebbia pressurizzata, comporta il considerevole vantaggio di poter attraversare canalizzazioni interne agli organi meccanici, con cambi di direzione e con attraversamento di organi rotanti, senza che questo comporti problemi per l'alimentazione continua della miscela lubrificante. In questi sistemi il canale di alimentazione del lubrificante può essere lungo anche decine di metri.

Il sistema MQL deve essere pertanto in grado di garantire un'alimentazione di miscela finemente nebulizzata e qualitativamente caratterizzato da una grandezza delle particelle di lubrificante di $0,8 \div 1$ micron.

In questo tipo di tecnologia risulta di fondamentale importanza la conformazione dell'utensile, ovvero si devono utilizzare utensili ido-



Sistema MQL Lubrix con interfaccia CN per funzionamento completamente automatico.

nei per la MQL. Qui occorre che i canali interni siano abbastanza piccoli, in genere di diametro tra 0,8 e 2 mm. e questo rappresenta una prerogativa funzionale relativamente importante per evitare la formazione di nebbie oleose all'interno della macchina utensile. Infatti, grazie al restringimento del diametro nella parte finale del canale di alimentazione, l'aerosol può modificare il suo stato fisico e da nebbia iniziale può condensare all'interno dell'utensile nella zona del tagliente. Il fenomeno è dovuto all'aumento di velocità con conseguente espansione che si genera nell'ultima parte del canale di alimentazione nell'utensile. Qualora l'utensile non sia dotato di canali idonei alla MQL oppure nel caso di utensili di grandi dimensioni e pluri-tagliente occorre altresì tenere in debita considerazione l'eventuale necessità di avere un sistema di aspirazione con filtro, per l'aspirazione e l'abbattimento dei fumi generati dal sistema MQL. L'applicazione di un sistema MQL monocanale risulta più semplice ed ha prerogative funzionali migliori, in particolare in macchinari complessi come per esempio nei centri di lavoro o per l'attraversamento dei revolver nei centri di tornitura. Con la MQL interna monocanale il quantitativo di lubrificante necessario risulta ulteriormente minore rispetto a un analogo sistema a doppio canale. Dal punto di vista dell'alimentazione dell'aerosol all'utensile essa consente una facilità di variazione dei parametri della miscela lubrificante e bassi tempi di reazione. Nei centri di lavoro in cui il cambio automatico dell'utensile avviene in meno di un secondo un buon sistema MQL monocanale deve garantire variazioni della portata in tempi inferiori a 0,5 sec.

Gli attuali sistemi MQL monocanale prevedono una gamma di condizioni di lavoro predefinite che vengono associate dal CN della mac-



Sistema MQL Lubrix installato su centro di lavoro Okuma. Revamping su macchina funzionante sia con lubrificazione tradizionale che con MQL.

china utensile alle diverse famiglie di utensili utilizzati. Si può scegliere in base a una tabella che permette una scelta di funzionamento discretizzata in base alle esigenze di lavorazione. In questo modo la gestione del sistema di lubrificazione è completamente automatica e si evita che eventuali registrazioni manuali del sistema possano creare problemi. Tali valori discreti di funzionamento (pressione d'aria di trasporto e percentuale d'aerosol in sospensione) vengono predefiniti dal produttore del sistema MQL e costituiscono quindi una guida utile per l'utilizzatore nella scelta della condizione ottimale di lubrificazione minima. La scelta di un sistema MQL monocanale rappresenta oggi la soluzione più performante ed evoluta poiché esperienze applicative hanno dimostrato che l'alimentazione della miscela con pressurizzazioni di almeno 3-4 bar, comporta un effetto di espansione e raffreddamento della zona del tagliente che garantisce una maggior durata dell'utensile e un conseguente aumento delle performance, poiché l'usura di un utensile è in generale fortemente dipendente dalla sua temperatura di esercizio.

Questa è una prerogativa interessante del sistema monocanale rispetto al doppio canale, poiché con quest'ultimo non è possibile creare un'alimentazione di lubrificante con pressioni dell'aria elevate. Infatti aumentando il valore dell'aria di pressurizzazione si corre il rischio di occludere il passaggio del lubrificante alimentato nel canale centrale. Esistono tuttavia casi applicativi ove si richiede un quantitativo relativamente elevato di lubrificante, per esempio nei casi in cui gli utensili utilizzati non dispongono di canalizzazioni specifiche per la MQL. In questi casi occorre optare per un compromesso applicativo che si realizza al meglio con un sistema MQL a doppio canale, che per questo motivo rimane un sistema ancora sfruttato.



La nuova Chiron FZ 15W è un compatto centro di lavoro offerto con sistema opzionale MQL Lubrix, in combinazione e un magazzino a cesto con 20 posti utensile.

Le nuove macchine utensili sviluppate per la MQL

In circa quindici anni soprattutto nell'industria automobilistica in Germania e in Giappone sono state concepite macchine utensili innovative. Dai primi studi prototipali attraverso le esperienze applicative di vari costruttori, sono state sviluppate macchine con MQL integrata che oggi garantiscono lavorazioni meccaniche pulite e l'eliminazione degli oneri gestionali dovuti alle emulsioni oleose. Citando alcuni esempi concreti in Germania, aziende leader come Daimler, Audi e BMW utilizzano sulle nuove linee di produzione centri di lavoro compatti a 5 assi adeguati allo standard MQL. In Giappone Toyota ed Honda sono passate da ingombranti macchine transfer a centri di lavoro flessibili più compatti con evacuazione centralizzata dei trucioli. Si sviluppano così centri di lavoro basati sul concetto "zero chip", filosofia che prevede la rimozione totale dei trucioli dalla macchina che rimane pulita e asciutta ed è qui che la MQL svolge il ruolo di tecnologia chiave. Il truciolo secco viene totalmente rimosso e il suo recupero prevede così un incremento di valore e un'importante riduzione dei costi di gestione in officina. In Italia FIAT Power Train, sulla base degli studi condotti dal CRF, ha da tempo recepito lo standard MQL e ne impone l'impiego in tutti i nuovi progetti produttivi sia in Italia che all'estero. Alcuni costruttori di centri di lavoro, soprattutto nel settore automotive e nelle grandi produzioni, sono anche in grado di proporre



Macchina Stama di tornitura e fresatura integrata su 5 assi, la 834 MT dedicata alla produzione di lotti medio/bassi di componenti complessi da lavorare.

soluzioni complete già dotate di utensili per la specifica lavorazione meccanica richiesta dal cliente. Si dispone così di una soluzione in cui macchina, sistema MQL, utensili, lubrificante e vari accessori sono armonicamente concepiti per lo standard produttivo della lubrificazione minimale.

I principali accorgimenti su una macchina con standard MQL sono relativi alla veicolazione centralizzata del truciolo che non potendo prevedere lo sfruttamento delle capacità veicolanti dell'emulsione deve considerare sistemi che sfruttano la gravità o dispositivi pneumatici per veicolare il truciolo. La tavola porta pezzo diventa così, rotante e basculante non solo per creare dei gradi di libertà supplementari per la lavorazione di più facce del pezzo ma anche funzionale alla movimentazione del truciolo, che per peso proprio viene agevolato a cadere verso il basso.

Le nuove macchine utensili, così concepite, colpiscono profondamente i potenziali acquirenti per la serie di vantaggi e il miglioramento dell'ambiente di lavoro. Così anche i più scettici apprendono questi benefici e se ne fanno estimatori. Vecchie idee e schemi antiquati si sgretolano per lasciare spazio a nuove concezioni e tecnologie. La grande rivoluzione è partita e la MQL è già diventata uno standard applicativo oltre che una tecnologia di produzione con un ruolo importante nel futuro delle lavorazioni con asportazione di truciolo. ■