

LUBRIFICAZIONE NEL TAGLIO DEI METALLI

Introduzione

Quando si iniziò a praticare il taglio dei metalli si faceva uso della potenza manuale e le velocità erano basse. Non era richiesto alcun fluido da taglio. Con l'introduzione di macchine comandate meccanicamente e con l'aumento delle velocità divenne subito evidente che il calore sviluppato poteva provocare l'abbassamento di durezza degli utensili da taglio limitando così la loro prestazione. Più di un secolo fa si comprese che era possibile una più rapida rimozione di metallo se si applicava qualche sistema di raffreddamento. Il raffreddante più ovvio era l'acqua che era molto efficace ma aveva lo svantaggio di causare la corrosione. Di conseguenza si fecero dei tentativi per ridurre la formazione di ruggine. Uno dei più riusciti di questi consisteva nell'aggiungere all'acqua della soda comune, ma poi occorreva fare attenzione per evitare l'accumulo dei cristalli conseguente all'evaporazione del fluido, in quanto i cristalli di soda possono essere abrasivi, specialmente, quando sono mescolati con la polvere metallica proveniente dalle operazioni di taglio.

Ancora oggi viene occasionalmente usata dell'acqua con un semplice inibitore antiruggine inorganico, ma allora si trovò, pressoché contemporaneamente, che si poteva usare una soluzione di sapone in acqua e che questa era molto più soddisfacente. Questa soluzione ha buone proprietà antiruggine senza lasciare residui abrasivi o corrosivi. In aggiunta a questo essa ha delle proprietà lubrificanti naturali che le soluzioni inorganiche non possiedono. Le emulsioni a base di acqua, preparate con i cosiddetti oli emulsionabili, sono ancora i fluidi da taglio più comunemente usati, anche se sono state notevolmente sviluppate per ottenere delle utili proprietà sussidiarie. Si è stimato che per i tre quarti di tutte le operazioni normali di lavorazioni meccaniche si possono efficientemente utilizzare gli oli emulsionabili. La loro funzione principale è ancora quella di raffreddare l'utensile da taglio e spesso ci si riferisce ad essi semplicemente come a dei raffreddamenti.

L'altro grande gruppo di fluidi da taglio consiste di sostanze organiche che hanno minore capacità di raffreddamento ma che sono più efficaci nel ridurre l'attrito. Le prime tra queste ad essere usate furono i grassi naturali come il lardo, il sego e la sugna. Queste non erano convenienti per applicazioni in grandi quantità e furono subito rimpiazzate da sostanze simili in forma liquida. Si trovò in particolare che l'olio lardino era molto efficace. Esso permetteva una migliore finitura superficiale del pezzo ed anche aumentava la vita dell'utensile. Il suo svantaggio principale era la tendenza a diventare rancido.

Un maggiore progresso si fece durante la guerra 1914-18, quando c'era scarsità di grassi di tutti i tipi e si trovò che una miscela di olio grasso e olio minerale manteneva le buone proprietà lubrificanti del grasso ed allo stesso tempo aveva una migliore stabilità. Questo "olio minerale-lardino", che in effetti esso contiene qualche altro olio al posto del lardino, fu molto largamente usato e rimane oggi uno dei tipi più importanti di fluido da taglio. Per alcune operazioni leggere si possono usare oli minerali senza additivi, ma per una vasta gamma di applicazioni un olio minerale miscelato con un olio grasso dà una miglior vita dell'utensile e una miglior finitura superficiale. Il successivo importante sviluppo fu l'aggiunta, a questi oli miscelati, di zolfo e più recentemente di cloro e fosforo. Si trovò che questi additivi "E. P." (estrema pressione) consentono il taglio sotto condizioni più severe.

Questi fluidi basati su oli minerali sono normalmente conosciuti come oli "puri" o "tal quali", sia che contengono additivi o no, a differenza delle emulsioni acquose che sono costituite da dispersioni colloidali in acqua dei cosiddetti oli "emulsionabili". Nei paesi anglosassoni questi ultimi vengono impropriamente chiamati "soluble oils" (oli solubili)

Queste due grandi categorie comprendono praticamente tutti i fluidi da taglio correntemente usati. Essi costituiscono all'incirca la metà di tutti i lubrificanti usati nell'industria della lavorazione dei metalli. Gli altri lubrificanti usati nel taglio sono soluzioni inorganiche, soltanto per la rettifica o per qualche applicazione speciale dove la visibilità è un fattore molto importante, ed alcuni gas e solidi che hanno funzioni speciali.

Sebbene la classificazione di massima dei fluidi da taglio sia molto semplice, nella scelta del fluido più adatto per una particolare applicazione intervengono molte complesse considerazioni. Sono stati sviluppati moltissimi tipi speciali di fluidi da taglio e la scelta tra di essi può essere molto difficile. Normalmente si dà fiducia alla raccomandazione di un fabbricante di oli, basata sulla sua precedente esperienza in applicazioni similari.

La scelta di un fluido da taglio sarà sempre influenzata da molti fattori, ma la gamma è ristretta dall'obiettivo principale che è quello di rimuovere il metallo sia rapidamente che con l'esigenza di produrre un soddisfacente risultato finale. Si deve aver presente che gli utensili per il taglio dei metalli dovranno essere periodicamente riaffilati cosicché la velocità totale di rimozione deve tener conto di questa perdita di tempo. Quindi può essere antieconomico tagliare a velocità molto alta se l'utensile si usura rapidamente e deve essere tolto dalla macchina ed essere frequentemente riaffilato.

Gamma di velocità di taglio nell'impiego comune

Il principale effetto di un aumento della velocità di taglio è quello di aumentare la temperatura dell'utensile in prossimità della zona di taglio.

I seguenti valori di velocità si possono considerare rappresentativi della ordinaria pratica industriale, anche se in particolari circostanze sono possibili delle ampie variazioni. Si è supposto che fosse fornita una appropriata lubrificazione, i cui dettagli verranno discussi nella sezione sulle caratteristiche del lubrificante.

Per filettare (maschiare) sono usate velocità molto basse, da pochi metri al minuto, fino a 7 m/min. Le seghe alternative e circolari operano solitamente a velocità tra 20 e 40 m/min., che rappresentano anche la gamma usata per la maggior parte delle forature e delle torniture a punta singola di materiali ferrosi con impiego di utensili in acciaio rapido e super-rapido (HSS).

Velocità molto più elevate sono consentite da utensili a base di carburi cementati e cioè fino a circa 170 m/min. per tornitura parallela e circa 70 m/min. per fresatura. La natura intermittente del taglio in operazioni come la fresatura, riduce la temperatura media dell'utensile ma aumenta il rischio di danni per rottura. Gli utensili di stellite (lega di Co-Cr-W) hanno una durezza elevata che si mantiene ad alte temperature e sono ampiamente usati a velocità comprese tra quelle adatte per utensili in HSS e quelle per utensili in carburi cementati. Gli utensili ceramici tagliano a velocità superiori ai 300 m/min in operazioni leggere. Velocità molto più elevate sono usate per la rettifica, dove il carico è molto leggero e per ciascuna passata viene rimossa una quantità relativamente piccola di materiale. Sono comuni velocità superficiali tra i 1300 ed i 2000 m/min.

La velocità di taglio per le leghe non ferrose sono generalmente più elevate di quelle per le operazioni corrispondenti su acciaio. Gli ottoni possono essere torniti a 50-80 m/min con utensili in acciaio al carbonio e le velocità raccomandate per l'alluminio sono di 80-130 m/min. Se si usano utensili in carburi cementati, gli ottoni possono essere tagliati a 100-300 m/min e l'alluminio a 500-1200 m/min.

Severità dell'operazione

Dal punto di vista della lubrificazione, la severità dell'operazione dipende principalmente dalla temperatura generata. Questa aumenta con l'aumento della velocità, ma anche con l'aumento delle forze che si ha o per una più grande durezza del materiale oppure per un più grande volume di metallo rimosso. Nella piattatura e fresatura la profondità con la quale l'utensile penetra sotto la superficie è conosciuta come la profondità di passata mentre nella tornitura parallela la dimensione corrispondente è l'avanzamento per giro.

La tornitura è considerata generalmente una operazione meno severa della foratura. Questo si può comprendere considerando la temperatura dell'utensile. Se viene generata la stessa quantità di calore per effetto del taglio e dello strisciamento, la temperatura alla punta dell'utensile sarà più elevata nel caso della foratura poiché è ridotta la perdita di calore per conduzione lungo l'utensile, non vi è raffreddamento per ventilazione e vi è un più difficile accesso per il fluido raffreddante. La filettatura per maschiatura è anche più severa della foratura, poiché i volumi operanti dell'utensile sono piccoli, le facce dell'utensile sono quasi completamente racchiuse, ed infine vi è una elevata sollecitazione per deformazione nel pezzo che aumenta la pressione sull'utensile e l'aumento di temperatura di questo ne provoca una dilatazione con ulteriore pressione sulle facce dell'utensile. Poiché il raffreddamento è pressoché inesistente nella maschiatura, si è soliti usare velocità ridotta ed applicare un lubrificante che sia più spiccatamente attivo in confronto ai lubrificanti usati per la tornitura. In pratica, i lubrificanti per maschiatura sono normalmente solforati. Gli utensili per fresatura, per contro, sono liberamente esposti e possono essere pienamente e vantaggiosamente sfruttate le proprietà raffreddanti degli oli emulsionabili.

Alcune condizioni di taglio, che si incontrano specialmente quando si torniscono gli acciai, tendono a provocare la formazione sull'utensile di un tagliente costituito di materiali provenienti dal truciolo (tagliente di riporto). Questa è una zona di metallo che rimane stazionaria in contatto con l'utensile e che si trova direttamente adiacente alla zona di taglio. In presenza di un tagliente di riporto la finitura superficiale del pezzo è scadente e vi è pericolo che il tagliente di riporto si distacchi occasionalmente portandosi via dei frammenti dell'utensile. Un tagliente di riporto impedisce anche l'accesso di lubrificante alla faccia dell'utensile e si hanno evidenze per suggerire che le dimensioni ed anche la presenza del tagliente di riporto possono essere molto sensibili alle condizioni di lubrificazione.

CARATTERISTICHE E TIPI DI LUBRIFICANTI

Capacità raffreddante

La funzione principale di un fluido da taglio, per la maggior parte delle operazioni, è ancora quella di ridurre la temperatura dell'utensile in modo che non si riduca la sua durezza. Ciò non è necessario quando il materiale dell'utensile può conservare una elevata durezza alla sua temperatura di lavoro.

Carburi cementati, allumina ed utensili di diamante non richiedono dunque raffreddamento.

In effetti con questi utensili non si dovrebbero usare fluidi da taglio a base di acqua poiché il rapido raffreddamento che si ha quando l'utensile esce dalla zona di taglio, può provocare un cedimento fino a rottura a causa di shock termico o fatica.

Un aspetto importante del processo di strisciamento nel taglio dei metalli è costituito dal fatto che una superficie di truciolo esposta di fresco viene in contatto con la faccia dell'utensile non notevole pressione. L'azione di energetica "pulitura" svolta dal truciolo che scorre sopra l'utensile tende a

rimuovere dalla superficie di quest'ultimo ogni strato di contaminante. Queste condizioni insieme con lo stesso movimento tangenziale, favoriscono la saldatura tra il truciolo e l'utensile.

Se la temperatura alla interfaccia supera la temperatura di ricristallizzazione del materiale del truciolo, in relazione al breve intervallo di tempo in gioco, viene facilitata una forte adesione. Quando vi è una tal adesione si ha un aumento della forza di taglio e un deterioramento della topografia superficiale sul pezzo finito; l'effetto finale è analogo a quello prodotto tagliando con un utensile ottuso. Il raffreddamento generale sia dell'utensile che del truciolo ridurrà la tendenza alla formazione di saldature. Tuttavia alle basse velocità si può formare un tagliente di riporto senza che esso aderisca alla faccia dell'utensile ed infatti a basse velocità si sono trovati molto comunemente dei taglienti di riporto. Questi taglienti di riporto non aderenti sono influenzati più dalle qualità lubrificanti che dalle proprietà raffreddanti del fluido, ma può essere necessario che la temperatura della faccia dell'utensile si sufficientemente ridotta perché la lubrificazione sia efficace. Per esempio, la maggior parte dei lubrificanti organici cedono temperature superiori a circa 200° C.

Il più efficace refrigerante comune è l'acqua. Essa ha un calore specifico circa il doppio di quello degli oli lubrificanti, ha una conduttività termica notevolmente migliore ed un più elevato calore latente di vaporizzazione. Tuttavia, se essa ha la possibilità di arrivare all'ebollizione, occorre fare attenzione per evitare la formazione di sacche di vapore le quali riducono la trasmissione del calore. A causa della sua bassa viscosità, è facile farla circolare in grandi quantità e ad alte velocità. Anche se l'acqua viene largamente usata come refrigerante negli impianti di lavorazione a caldo, come nel caso dei laminatoi, essa non si può applicare direttamente a sistemi di lavorazione di grande precisione, a causa del pericolo di danni per corrosione. Tuttavia, si può prevenire la ruggine impiegando una emulsione contenente circa il 5% di olio. Questo migliora anche il potere bagnante della superficie e quindi si migliora la trasmissione di calore dal metallo al refrigerante. Questi oli emulsionabili sono in realtà delle sospensioni colloidali in acqua, stabilizzate dall'aggiunta di agenti emulganti come i sulfonati. Solitamente essi contengono composti antiruggine e possono essere anche miscelati con additivi di estrema-pressione. Per tutti gli impieghi di taglio si usa emulsione di olio disperso in acqua piuttosto che una di acqua dispersa in olio e normalmente, per ottenere la diluizione desiderata, l'olio o l'emulsione concentrata dovrebbero essere aggiunti all'acqua. Pur tuttavia alcuni moderni oli emulsionabili formano una emulsione olio-in-acqua anche se si aggiunge acqua all'olio. Il tipo più comunemente usato è un liquido opaco di aspetto lattiginoso contenente olio in proporzioni variabili tra 1: 10 e 1: 40. Questo olio emulsionabile "per impieghi generali" può essere usato per molte operazioni di taglio purché esse non siano eccessivamente severe. Esso si raccomanda per lavori su macchine semiautomatiche o al tornio normale per operazioni come semplice tornitura, staccatura, troncatura, segatura, foratura e fresatura, con acciai o con la maggior parte dei metalli con esclusione del magnesio e delle leghe contenenti zinco. Per questi ultimi è necessario usare oli emulsionabili particolari per evitare macchiature o corrosione.

Il secondo tipo di olio emulsionabile è trasparente o almeno traslucido. Questi oli sono usati a basse concentrazioni (da 1: 50 a 1:100) per operazioni in cui sia desiderabile poter osservare il taglio continuamente. Questo tipo di emulsione può essere usata per tutti i tipi di lavoro quali tornitura, fresatura, segatura e rettifica. E' tuttavia più costoso del fluido lattiginoso per impieghi generali e viene perciò impiegato soltanto quando è necessario

Se la temperatura interfacciale è sufficientemente bassa, o se può essere tenuta sufficientemente bassa con un appropriato raffreddamento, è possibile ottenere notevoli vantaggi con la lubrificazione degli utensili da taglio, ma se le temperature sono elevate i lubrificanti hanno scarso effetto. Qualche volta si usano oli minerali puri per lavorazioni semplici di ottone, alluminio e zinco, su torni automatici. Questi oli hanno una capacità raffreddante inferiore a quella dell'acqua e danno solo una lieve azione lubrificante, ma non causano macchiature o corrosione.

Essi sono adatti anche per applicazioni leggere dove l'aspetto della superficie è importante. Per operazioni di taglio più severe è essenziale aggiungere composti grassi o E. P. agli oli minerali base.

Questi oli composti "puri" o "tal quali" vengono usati per operazioni pesanti a velocità basse o moderate. In queste, come in tutte le applicazioni di lavorazione meccanica, l'accessibilità alla zona di lavoro è un fattore di grande importanza. Per agire efficacemente come lubrificante, il fluido deve raggiungere la zona di lavoro in quantità adeguate e deve penetrare il più possibile tra le superfici. E' desiderabile una bassa viscosità per facilitare l'alimentazione di fluido con tubo o a getto e la sua rimozione dalla regione di lavoro. Tuttavia, per alcune operazioni, è necessario usare un fluido di alta viscosità che viene applicato lentamente e che non si ricupera. Il taglio pesante di ingranaggi e la maschiatura sono di questa categoria. La viscosità di un olio composto è determinata principalmente da quella dell'olio minerale base.

Qualità accessorie del lubrificante

Quando si sceglie un fluido da taglio si devono considerare altri fattori oltre alla capacità refrigerante e lubrificante. La viscosità è già stata menzionata. Questa è strettamente associata col tipo di operazione. Per la tornitura è di solito desiderabile avere una copiosa alimentazione di fluido e si preferisce una bassa viscosità in quanto il fluido può essere pompato e filtrato facilmente. In operazioni come il taglio di ingranaggi mediante creatore o maschiatura, l'utensile si muove lentamente e si possono applicare direttamente sull'utensile dei fluidi viscosi. In realtà per questo tipo si possono usare anche dei grassi e qualche volta sono anche raccomandate delle paraffine.

La macchiatura e la corrosione possono limitare la scelta del fluido da taglio.

E' anche importante considerare la possibile corrosione della stessa macchina utensile o di componenti ad essa associati come le valvole nel circuito di alimentazione del fluido. Alcuni fluidi possono deteriorarsi dopo un servizio prolungato e possono anche generare sostanze corrosive. Per esempio, se gli oli clorurati vengono esposti per lunghi periodi all'aria umida, vi può essere pericolo di formazione di acido cloridrico ed alcuni composti di zolfo possono ossidarsi diventando acidi. Si deve avere particolarmente cura per evitare la rottura delle emulsioni con la conseguente separazione delle due fasi di olio e di acqua. I moderni oli emulsionabili sono molto più stabili di quelli di una volta, ma la stabilità può essere influenzata da corretta procedura di diluizione, come quando si versa l'acqua nell'olio senza adeguato mescolamento, o quando si miscela in proporzioni errate, oppure quando si usa acqua dura o eccesso di addolcitore di acqua. La decomposizione può essere accelerata dalla presenza del truciolo che è inizialmente in uno stato chimico attivo, provenendo dalla zona di taglio. La filtrazione è perciò importante sia per ragioni chimiche sia per evitare il bloccaggio dei tubi o il danneggiamento della pompa di circolazione. Il truciolo di ghisa è particolarmente soggetto ad assorbire i costituenti oleosi ed indebolisce progressivamente l'emulsione. Il truciolo d'acciaio può decomporre gli additivi grassi nei fluidi emulsionabili o nei fluidi da taglio, riducendo la loro efficacia. La maggior parte delle operazioni di lavorazione meccanica comportano la presenza di molti metalli differenti (per es. il mandrino, l'utensile e il pezzo) e perciò non si devono ignorare gli effetti elettrochimici.



Vi sono molti pericoli fisiologici associati ai fluidi da taglio, anche se l'uso corretto di sostanze propriamente miscelate può eliminare questi pericoli per la maggior parte degli operatori. Gli operai che sono di costituzione allergici a certe sostanze, possono non essere in grado di adoperare alcuni fluidi. Il rischio più ovvio è rappresentato dalle dermatiti, ma, se si prendono normali precauzioni nel caso di ferite aperte, la maggior parte dei fluidi da taglio sono del tutto sicuri. Alcuni componenti dei fluidi da taglio permettono la riproduzione di batteri. Alcuni di essi possono essere dannosi come pure possono generare odori sgradevoli. L'odore viene associato allo sviluppo di batteri anaerobici, che può essere evitato insufflando aria nel serbatoio di alimentazione anche se questa è soltanto una risoluzione parziale del problema.

I fluidi che tendono a formare gomme dovrebbero ovviamente essere evitati nelle lavorazioni fatte con un sistema di circolazione d'olio ed anche la schiuma può causare inconvenienti. Se si forma un blocco di aria in conseguenza di accumulo di schiuma, l'adduzione di fluido si può interrompere bruscamente con serie conseguenze. Per controllare o prevenire questo fenomeno si possono usare agenti antischiuma. La formazione di fumi dipende dal fluido e dalla temperatura ed è particolarmente probabile che essa sia fastidiosa con oli di bassa viscosità. Se si ha una eccessiva emissione di fumo viene impedita la visibilità e vi può essere pericolo per la salute. La fumosità può essere controllata da un misuratore di flusso, ma se essa ha luogo si rimedia normalmente passando a un lubrificante meno volatile oppure riducendo la severità dell'operazione.