

PRODOTTI CHIMICI PER LA DEFORMAZIONE A FREDDO

La lubrificazione nella deformazione a freddo dei metalli rappresenta una parte piccola ed altamente specializzata della tecnologia della lubrificazione. In primo luogo la situazione fisica è differente per il fatto che uno dei due componenti del sistema di attrito, cioè il pezzo, è sottoposto a una deformazione plastica, mentre nel caso della lubrificazione convenzionale, entrambi i componenti rimangono essenzialmente nel campo delle deformazioni elastiche. La presenza della deformazione plastica rende necessario riconsiderare i meccanismi base relativi all'attrito e alla lubrificazione.

In secondo luogo gli obiettivi della lubrificazione durante la lavorazione dei metalli sono complessi. Le ragioni per cui si interpone un materiale lubrificante tra il materiale base che deve essere lavorato e gli utensili o stampi che producono la deformazione possono essere elencate come segue:

(1) *Riduzione dell'attrito.* Sebbene valori elevati dell'attrito portino a perdite di potenza non necessarie e aumentino i carichi applicati alle attrezzature, questi fattori non sono sempre di grande importanza. I costi della potenza spesso rappresentano solo una piccola aliquota del costo totale per portare a termine una operazione di lavorazione. Il risparmio ottenuto con una piccola riduzione del coefficiente di attrito può essere trascurabile. Analogamente, una diminuzione nel carico di lavoro può non avere alcuna conseguenza reale a meno che la diminuzione sia così forte da permettere il trasferimento di un dato lavoro su una macchina più piccola e più leggera. In alcuni processi vi è tuttavia un vantaggio ben definito a lavorare con il carico più basso possibile. Esempi, di tali processi sono la tranciatura e la estrusione a freddo, dove gli sforzi imposti possono raggiungere la resistenza a rottura del materiale dell'utensile; la laminazione a freddo di nastro sottile, dove carichi elevati causano distorsioni elastiche indesiderate nel laminatoio; operazioni di trafilatura possono portare alla rottura del prodotto. D'altra parte si deve anche rilevare che un coefficiente di attrito troppo basso può anche causare delle difficoltà. Nella laminazione, per esempio, il materiale da lavorare non può essere trascinato nel laminatoio se il coefficiente di attrito non supera un certo valore minimo.

(2) *Riduzione dell'usura.* La riduzione dell'usura dell'utensile è di importanza più o meno grande a seconda del costo dell'utensile stesso e a seconda delle tolleranze e della finitura superficiale richieste al prodotto. Velocità di usura particolarmente basse sono essenziali nelle operazioni finali eseguite con stampi sagomati; altrimenti i prodotti avranno dimensioni errate. Un lubrificante per lavorazione metallica, oltre che per ridurre l'usura impedendo il contatto metallo/metallo sulla interfaccia pezzo/utensile, può anche essere richiesto perché agisca come strato a cuscinio capace di ridurre gli effetti delle sollecitazioni da impatto oppure perché agisca come isolante termico per la protezione degli utensili dai danni conseguenti al contatto col metallo caldo.

(3) *Realizzazione della finitura superficiale richiesta.* Grazie alle loro proprietà di impedire il contatto metallo/metallo, i lubrificanti possono prevenire sul prodotto lo sviluppo di superfici segnate e scadenti. Tuttavia non basta produrre semplicemente una superficie non danneggiata; può essere richiesto un aspetto brillante e riflettente oppure opaco e ciò è fortemente influenzato dal lubrificante impiegato.

(4) *Controllo della temperatura.* Nelle operazioni di lavorazione a caldo può essere richiesto al lubrificante di svolgere un'azione raffreddante per impedire che gli utensili raggiungano temperature troppo elevate. Si può anche impiegare un raffreddamento selettivo per controllare la dilatazione termica degli utensili. Nelle operazioni di lavorazione a freddo si deve spesso usare un lubrificante/raffreddante per la rimozione del calore generato dalla deformazione plastica (e la quantità di calore più piccola generata dalle perdite per attrito), per evitare il deterioramento delle proprietà del prodotto e per impedire un innalzamento incontrollato della temperatura che renderebbe inefficace il lubrificante.

(5) *Controllo del cambiamento di forma.* In alcune lavorazioni la forma del prodotto è collegata alla forma degli utensili. L'estrusione e lo stampaggio con stampi chiusi ne sono esempi ovvi. In

altri casi, come nello stampaggio di preparazione tra stampi piani e nella laminazione di sgrassatura, soltanto parte del metallo è in contatto con gli utensili; le superfici libere assumono una forma dipendente dal sistema di sollecitazioni applicato, il quale a sua volta è influenzato dal coefficiente di attrito. Un importante esempio è la lavorazione di piattine, dove il rapporto di allungamento longitudinale e l'espansione laterale è molto influenzato dal lubrificante in uso.

(6) *Controllo della distribuzione della sollecitazione nel prodotto.* Agendo sul sistema di sforzi applicati, il lubrificante può influenzare la distribuzione delle sollecitazioni interne del prodotto. Il cambio del lubrificante può perciò modificare l'entità delle sollecitazioni interne come pure le proprietà meccaniche generali del prodotto. Può così influire anche sulla tendenza alla rottura del materiale in lavoro.

L'importanza relativa di questi vari fattori deve essere ben valutata nella scelta di un lubrificante per una particolare lavorazione metallica poiché è frequente il caso in cui possono essere contemporaneamente soddisfatte tutte le varie esigenze. Per esempio un olio spesso e viscoso per laminazione può essere molto adatto alla riduzione del coefficiente di attrito e quindi del carico di laminazione, ma può non essere indicato per ottenere un laminato ben riflettente. Naturalmente si deve ricorrere a un giusto compromesso. Scegliendo un lubrificante per lavorazione metallica si devono tener presenti anche altri fattori: il più importante dal punto di vista tecnico è relativo al fatto che il lubrificante non deve macchiare o corrodere i prodotti. Particolarmente quando questi devono avere una finitura brillante dopo una lavorazione a freddo, si deve adottare un lubrificante che si possa facilmente rimuovere prima della ricottura oppure che possa volatilizzarsi nei primi stadi del processo di ricottura senza lasciare residui dannosi o che rovinino l'aspetto della superficie. I fattori rimanenti influenzanti la scelta del lubrificante sono fondamentalmente economici. Per stabilire i costi totali di lubrificazione si devono mettere in conto molte voci comprendenti il costo principale, la possibilità di un minor ritmo produttivo dovuto a un lubrificante meno buono, la facilità di applicazione e di rimozione, i costi di capitale delle attrezzature per la circolazione ed il recupero del lubrificante, gli eventuali costi addizionali per ridurre rischi d'incendio o pericoli per la salute degli operatori.

LUBRIFICANTI PER SPECIFICHE OPERAZIONI DI LAVORAZIONE

Introduzione

Tutti i processi di lavorazione dei metalli sfruttano il comportamento plastico dei metalli e delle leghe metalliche per cambiare la forma dei materiali di partenza in una forma più utile. A parte questo i vari processi di lavorazione dei metalli hanno pochi elementi in comune. Il cambiamento di area superficiale può essere considerevole, come nell'estrusione e nella laminazione, o trascurabile come nella imbutitura profonda. Gli sforzi di contatto possono essere molto elevati (laminazione a nastro sottile) o molto piccoli (piegatura). Il materiale da lavorare può essere in contatto con utensili rigidi stazionari (trafilatura di filo), con materiali teneri deformabili (stampaggio con matrici di gomma) o con nessun utensile del tutto (come nella fase di deformazione della formatura idraulica). Le velocità del movimento relativo possono essere molto alte (trafilatura di filo ad alta velocità) o molto basse (coniatura). Le temperature possono essere molto varie, da quelle prossime al punto di fusione (estrusione a caldo di super leghe) fino a quelle molto inferiori allo zero ("crioformatura"). Si aggiunga a questo elenco il fatto che vengono sottoposti ai progetti di lavorazione moltissimi metalli o leghe differenti, molti dei quali richiedono considerazioni individuali, e si concluderà che è quasi impossibile generalizzare sui lubrificanti che devono essere impiegati nelle operazioni di lavorazione dei metalli.

I lubrificanti si possono classificare in gruppi. Gli oli minerali puri a base di idrocarburi sono relativamente stabili e possono essere usati come film protettivi contro la ruggine e la corrosione.

Essi non forniscono una lubrificazione untuosa (o limite) e vengono impiegati da soli soltanto come lubrificanti per lavorazioni metalliche leggere. Gli oli grassi, di origine animale o vegetale, contengono sostanze polari e forniscono una buona lubrificazione untuosa. Essi si ossidano facilmente dando luogo a prodotti che provocano ispessimento e formazione di depositi e incrostazioni. Sono spesso sgradevoli da usare a causa del loro odore. Vengono spesso impiegati direttamente dei composti polari come alcuni sali metallici di acidi grassi. Gli oli per lavorazione dei metalli più largamente usati sono oli composti costituiti da un olio minerale base con aggiunte di oli grassi, acidi grassi, ecc. per conferire proprietà di lubrificazione untuosa. Nei composti per trafilatura vengono frequentemente usati altri additivi E. P. , basati su composti che contengono zolfo, fosforo e cloro. La loro efficacia in altre lavorazioni è discutibile ed i loro svantaggi – velocità di usura accelerate e macchiatura – rendono necessario evitare il loro uso indiscriminato. Saponi asciutti, grassi (saponi dispersi in olio minerale) e paraffine vengono impiegati nelle operazioni di trafilatura sia da soli che in varie combinazioni con acidi grassi liberi o altri lubrificanti untuosi.

Dove è di primaria importanza l'azione di raffreddamento, vengono preferiti fluidi a base di acqua. Trovano largo impiego le emulsioni fatte con oli emulsionabili, sia da sole che con l'aggiunta di composti polari. È importante la composizione chimica dell'acqua usate per fare l'emulsione: un contenuto troppo elevato di impurezze può provocare la rottura dell'emulsione e la possibile macchiatura del prodotto. Sono state usate soluzioni acquose di sapone per la trafilatura; più spesso esse vengono usate semplicemente come mezzo per applicare il sapone che viene poi essiccato sul filo prima della trafilatura. I lubrificanti solubili in acqua hanno il vantaggio di essere facilmente rimossi dopo l'operazione. Gli oli sintetici hanno trovato finora solo piccole applicazioni nelle lavorazioni metalliche. Tuttavia i materiali sintetici applicati come film secchi stanno acquistando importanza. Per esempio, il basso coefficiente di attrito del polietrafluoroetilene (PTFE) può mantenersi tale sotto condizioni di lavorazione dei metalli. Mentre i lubrificanti untuosi ed E. P. si possono considerare operanti attraverso la formazione di un film solido, il vero lubrificante classico a film solido rimane la grafite. Poiché la grafite aderisce bene alle superfici metalliche, essa viene spesso impiegata per il pre-trattamento di utensili, stampi e matrici, come additivo per gli altri lubrificanti a temperatura ambiente e, particolarmente, come lubrificante per operazioni a temperature elevate. Sfortunatamente la grafite non può essere facilmente rimossa alla fine del processo di lavorazione. Compresi in questa classe dei solidi lamellari vi sono il bisolfuro di molibdeno ed altri composti inorganici recentemente sviluppati. Film di metalli teneri (piombo, rame) sono stati impiegati come lubrificanti in operazioni di trafilatura molto difficoltose: il costo dell'applicazione e della rimozione gioca a loro sfavore. Materiali solidi inerti, quali gesso, mica e talco, vengono spesso aggiunti come sostanze riempitive o di carica a composti di trafilatura per mantenere una separazione fisica tra pezzo e stampi. L'esempio migliore dell'impiego come lubrificante di un solido fondente è rappresentato dal vetro nel processo Sejournet di estrusione a caldo. Per finire si devono menzionare i pre-trattamenti superficiali che sono usati non necessariamente per produrre un film lubrificante, ma per aumentare l'efficienza di un lubrificante applicato successivamente. Questi comprendono i rivestimenti alla calce o la leggera ossidazione dell'acciaio prima della trafilatura di filo ed il rivestimento con fosfati prima della trafilatura a freddo.

Per un dato processo e materiale da lavorare, la scelta di un tipo di lubrificante è spesso semplice, ma la selezione reale di un particolare lubrificante – la sua composizione e la condizione ottimale per il suo uso – è tutt'altro che facile. In una situazione reale si devono prendere in considerazione fattori così numerosi (l'attrezzatura disponibile, il tonnello prodotto, la gamma di prodotti da eseguire con una data attrezzatura, dettagli di trattamenti pre- e post-lavorazione) da far sì che ciascun problema di lubrificazione debba essere trattato per conto suo. La scelta finale del lubrificante viene fatta soltanto dopo un'attenta valutazione del lavoro.

Il termine stampaggio viene usato per descrivere una varietà di processi che possono avere pochi fattori comuni. Una prima semplice classificazione potrebbe consistere nel suddividere in stampaggio a caldo, a freddo, a temperatura intermedia; ma questi ultimi hanno dei particolari significati metallurgici che non coincidono con le interpretazioni del “senso comune”. Così l'acciaio dolce può essere stampato a freddo a 500 ° C mentre la lavorazione del piombo a temperatura ambiente è essenzialmente una lavorazione a caldo. In termini di tecnologia della lubrificazione è più conveniente classificare le operazioni di lavorazione in tipi ad alte temperature (sopra 500 ° C circa), tipi a temperatura ambiente (cioè 0-60 ° C) e tipi a temperature intermedie, con una classe addizionale per il crescente interesse sulle lavorazioni a temperature sotto 0 ° C .

Alternativamente, le operazioni di stampaggio possono essere classificate in sistemi a stampo e sistemi a stampo chiuso. La lavorazione a stampo aperto prevede la compressione del materiale in lavoro tra utensili semplici con facce spesso piane. La forma desiderata si ricava manipolando il pezzo. Gli esempi vanno dall'incudine e martello fino allo stampaggio a pressione di lingotti pesanti e di tubi senza saldatura.

Estrusione

L'estrusione, come è comunemente intesa, è un processo a caldo per ottenere dei prodotti lunghi e semi-finiti di spessore trasversale uniforme partendo da billette fuse di diametro relativamente grande. Essa è largamente usata per le leghe di rame e alluminio ma può essere praticamente applicata a tutti i metalli, dal piombo tenero o puro agli acciai resistenti al calore ed ai metalli ed alle leghe refrattarie. Poiché l'estrusione è un processo in cui viene imposto un alto grado di costrizione meccanica sul materiale in lavoro, le rotture sono meno probabili che in altri processi. Allo stesso tempo gli sforzi di lavorazione tendono ad essere elevati e possono essere ridotti soltanto operando ad alte temperature. Alti sforzi, alte temperature, o entrambi insieme, comportano seri problemi di lubrificazione.

Laminazione

Fra tutti i processi di lavorazione dei metalli, la laminazione a caldo è di gran lunga il più diffuso. Fortunatamente, rispetto all'estrusione, la lubrificazione del metallo rovente, non costituisce un problema serio. Indubbiamente, a volte è desiderabile un coefficiente d'attrito discretamente elevato, in modo che grandi pezzi di metallo possono essere affermati dai cilindri e possano subire una notevole riduzione di spessore ad ogni passata. Nella laminazione a freddo, al contrario, la lubrificazione riveste un'importanza primaria in quanto serve a ridurre il carico sui cilindri e ad ottenere la voluta finitura superficiale del prodotto. La lubrificazione dei laminatoi, naturalmente, costituisce un argomento a parte. Gli oli viscosi ed i grassi molto consistenti nati per la lubrificazione del laminatoio non devono assolutamente contaminare il lubrificante da laminazione. Nella laminazione di nastri sottili, dove gran parte del carico dipende dallo stato di deformazione indotto dall'attrito, le condizioni di lubrificazione devono essere controllate accuratamente.

Lubrificanti per laminazione a freddo

Un olio minerale contenente additivi polari è quello che meglio si adatta a fungere da lubrificante “standard” per la laminazione a freddo. Se il fattore più importante è la riduzione del carico sui cilindri, si può aumentare la viscosità dell'olio base, normalmente però di preferiscono le viscosità più basse in quanto vi è la doppia esigenza di ottenere una superficie lucida e di evitare le macchie.

Gli additivi polari sono di frequente oli grassi; la loro percentuale viene aumentata al crescere della severità della lavorazione. Alcuni composti chimici sintetici stanno sostituendo gli additivi naturali: si può ottenere la riduzione di attrito richiesta senza provocare un attacco chimico ed evitando le difficoltà connesse con l'asportazione del lubrificante e con la macchiatura.

L'avvento dei laminatoi ad alta velocità ha fatto nascere il problema della dissipazione del calore. Il raffreddamento a spruzzo dei cilindri è divenuto una necessità ed ha portato all'uso di emulsioni come lubrificanti da laminazione. Anche con un efficace raffreddamento a spruzzo, la temperatura a cui giunge il materiale lavorato in un laminatoio tandem ad alta velocità per nastro d'acciaio può essere di 200 ° C, diventa poi indispensabile effettuare un raffreddamento selettivo per mantenere la bombatura dei cilindri. Le emulsioni sono ampiamente usate per la laminazione a freddo del rame e dell'acciaio; esse sono evitate per la laminazione a freddo dell'alluminio, dove è richiesta una finitura superficiale di elevata qualità, a causa della formazione di macchie, anche per il rame e per l'ottone si preferiscono gli oli alle emulsioni.

Un fattore importante è la facilità di impiego e di mantenimento in buone condizioni del lubrificante. Ciò è legato a varie caratteristiche, come facilità di miscelazione, uniformità dell'emulsione, stabilità durante l'uso e durante la circolazione. Nei sistemi a circolazione è importante la depurazione dell'emulsione da effettuarsi per mezzo di filtrazione ed anche di decantazione delle particelle sospese e desoleazione per coalescenza dell'olio libero.

Laminatoi con cilindri a gruppo Sendzimir

Il metodo standard per la produzione di nastro metallico in spessori molto piccoli comporta l'uso di grandi laminatoi quarto, talvolta con quattro o cinque gabbie in tandem per ottenere una produzione elevata. Come già detto, sono richiesti lubrificanti speciali, che diano origine ad un coefficiente d'attrito basso. Un metodo in alternativa per la produzione di nastro sottile con elevata precisione consiste nell'uso di un laminatoio Sendzimir con cilindri a gruppo. Il piccolo diametro dei cilindri di lavoro mantiene relativamente basso il carico totale ed evita l'insorgere di intensi strati di sollecitazione dovuti all'attrito, quindi anche le sollecitazioni dovute all'attrito locali rimangono basse. Per produrre nastro sottile non sono quindi necessariamente richiesti valori dell'attrito estremamente bassi. Infatti, un coefficiente di attrito troppo basso comporterebbe uno svantaggio, ciò perché il secondo ordine di cilindri è normalmente costituito dai cilindri di comando, i quali devono trasmettere il moto a quelli di lavoro tramite i cilindri primi intermedi sfruttando il contatto superficiale.

I lubrificanti più comunemente usati nei laminatoi Sendzimir sono oli minerali di media viscosità . poiché la grande quantità di calore generato deve essere asportata dal lubrificante, vi è una certa tendenza a scegliere oli di viscosità minore anche per gli acciai inossidabili. Sono stati usati oli emulsionabili per la laminazione ad alta velocità di acciai al carbonio, ancora col vantaggio di migliori proprietà di asportazione del calore.

Trafilatura di fili

I vari processi di trafilatura di fili, di barre, di tubi, nonché l'imbutitura profonda e lo stampaggio, hanno un elemento in comune: la forza necessaria per eseguire l'operazione viene trasmessa attraverso la parte del materiale che è già stata lavorata. Poiché tale forza non può superare la resistenza meccanica del materiale trafilato, vi è un limite all'entità della deformazione che può essere imposta durante una singola operazione. Nessun miglioramento della lubrificazione o della tecnica di lavorazione può rendere possibile il superamento di una certa deformazione massima in ciascuno stadio.

Per raggiungere grandi deformazioni finali, occorre effettuare una sequenza completa di singoli processi. Nella trafilatura dei fili, il materiale può attraversare fino a cinquanta filiere separate. I costi delle filiere tendono ad essere elevati, in parte perché la gran maggioranza delle filiere non è registrabile. Quando l'usura ha raggiunto un valore tale da far superare la tolleranza di lavorazione, la filiera deve essere ritirata dal servizio per essere revisionata (generalmente viene rettificata al calibro immediatamente superiore). Nei processi di trafilatura lo scopo principale della lubrificazione è quindi quello di ridurre l'usura delle filiere e di prevenire l'asportazione di materiale e la rigatura del filo. La lubrificazione al fine di ridurre lo sforzo di trafilatura riveste spesso una importanza secondaria.

Ciascun processo di trafilatura ha caratteristiche proprie e deve essere considerato isolatamente. In questa sede ne è stato prescelto uno: la trafilatura dei fili. La trafilatura delle barre è sostanzialmente simile a quella dei fili, con l'eccezione che le velocità sono molto inferiori, vi è quindi un severo incentivo all'aumento della produzione adottando le massime riduzioni possibili. La combinazione di basse velocità con elevate sollecitazioni sulle filiere rende particolarmente difficile la lubrificazione. Si deve sovente ricorrere a misure estreme, compreso l'uso di vari trattamenti preliminari come la fosfatazione per l'acciaio, il rivestimento con metalli teneri, in particolare con piombo per l'acciaio, e l'adozione di composti per trafilatura viscosi, spesso abbondantemente caricati e contenenti additivi quali grafite, bisolfuro di molibdeno e composti E. P.

La trafilatura dei tubi ha generalmente caratteristiche simili, con l'ulteriore complicazione dovuta al fatto di dovere lubrificare anche la "spina" che lavora l'interno del tubo. L'imbutitura è più esigente in fatto di lubrificazione; oltre a ridurre l'usura degli stampi, evitare l'asportazione di materiale e ridurre gli sforzi durante l'operazione, il lubrificante determina il modo in cui il metallo scorre entro lo stampo ed ha quindi una influenza importante sulla possibilità di ottenere pezzi con determinate forme e dimensioni.

Le tecniche di trafilatura sono divise in due grandi classi: trafilatura con fluido o trafilatura a secco. Le differenze risiedono principalmente nei pretrattamenti e nei metodi di lubrificazione, ma si estendono anche al disegno dei banchi di trafilatura. La trafilatura con fluido si usa sempre per la produzione di fili sottili. La trafilatura a secco viene normalmente impiegata per i diametri grandi e medi. Il rame costituisce un'eccezione in quanto viene normalmente trafilato in presenza di un fluido, quali che siano le sue dimensioni, benché anche qui le primissime passate sui grandi diametri possano essere effettuate a secco.

La lubrificazione nella trafilatura a secco è più efficace che in quella con film fluido, in quanto si può formare un film lubrificante di maggiore spessore; sono possibili maggiori riduzioni per ciascuna filiera senza che l'usura sia eccessiva. La trafilatura a secco è quindi la preferita per i fili di maggiore diametro, per i quali non è molto importante una finitura ottima.