

Oli da taglio moderni

Cos'è e a cosa serve un olio da taglio

Il lubrorefrigerante (LR) deve essere considerato come un elemento di primaria importanza in ogni operazione meccanica e dalla sua scelta dipende una fetta importante dei costi del prodotto finito e questo non tanto per l'incidenza diretta del costo del LR in se stesso, ma quanto per la sua influenza sulle varie componenti del costo totale di produzione.

La figura N°1 indica come si può scomporre il costo di una determinata operazione meccanica. Il 60% del costo totale è costituito dai salari, il 30% dalla macchina operatrice (ammortamenti ecc.), il 5% dall'utensileria e solo il 0,5% dal LR.

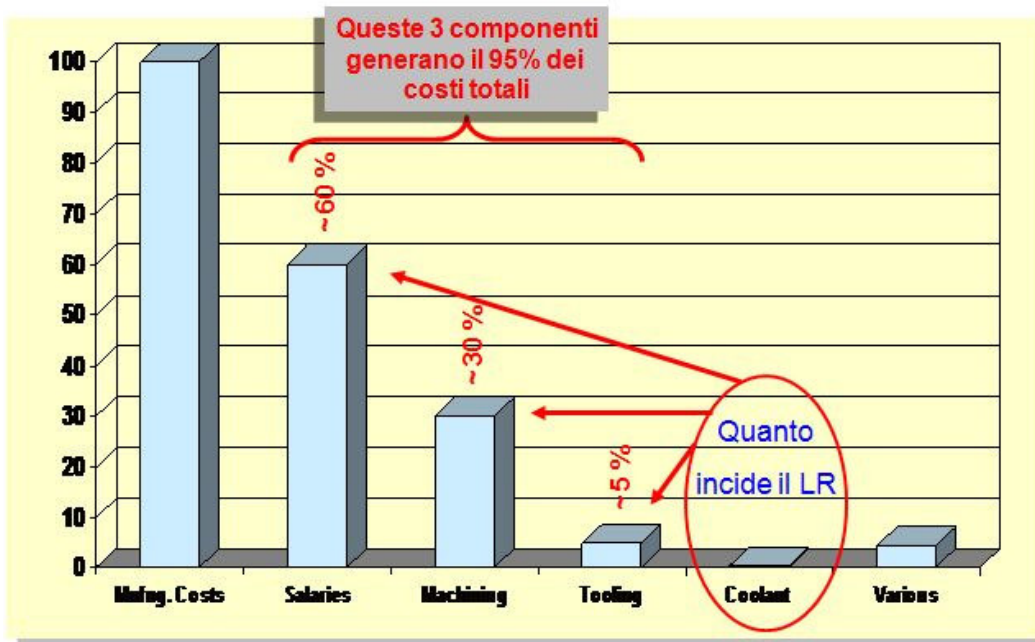


Figura N°1

Risulta evidente quindi che una riduzione del prezzo del LR incide in maniera insignificante sul costo totale. Se per esempio il suo costo aumentasse del 50% si avrebbe un aumento del solo il 0,25% sul costo finale.

Ma la responsabilità per aumentare la produttività, ridurre i tempi principali e secondari, ridurre i costi totali del ciclo produttivo va suddivisa in ugual modo tra : *Macchina Utensile – Utensile – Lubrorefrigerante* (che a buona ragione può essere definito come l'*utensile liquido*) ed è quindi importante guardare al LR come una possibile grande fonte di risparmi.

Ogni strategia per ridurre i costi deve puntare sulla riduzione dei tempi e sull'aumento e/o miglioramento della produttività e cioè, schematizzando:

Una maggiore produttività si ottiene con:

- avanzamenti più veloci (f_z)
- maggior volume di truciolo per unità di tempo
- migliore qualità della superficie → riduzione dei processi secondari

- ammortamento costi delle macchine
- meno mano d'opera
- produzione più elevata

Una riduzione dei costi si ottiene con

- riduzione dei tempi d'attrezzatura
- riduzione dei tempi manutenzione macchina
- riduzione dei tempi svuotamento e smaltimento
- riduzione dei costi utensili
- eliminazione dei battericidi grazie alla Biodinamica.

In sintesi quindi si può dire che la maggiore influenza *sui tempi principali* è data da: l'operatore, la macchina, l'utensile, i parametri del processo, la strategia del processo ed il LR. Mentre i tempi secondari sono influenzati da: l'operatore, la disponibilità delle macchine, la durata degli utensili, la qualità e l'affidabilità del processo, ed ancora il LR.

Le funzioni principali del LR sono: raffreddare, lubrificare e detergere.

Raffreddare vuol dire asportare il calore generato dall'azione di taglio, mantenere costante la temperatura per evitare deformazioni della macchina e del pezzo.

La lubrificazione delle zone soggette ad attrito ed in particolare la zona di contatto tra truciolo e petto dell'utensile, ha la funzione di ridurre le forze di taglio generate dall'attrito tra pezzo, truciolo ed utensile.

L'ultimo compito affidato al LR è quello di mantenere pulita l'area di lavoro, facilitare l'asportazione dei trucioli e ridurre in questo modo scheggiature e rotture degli utensili.

Queste tre funzioni, se correttamente gestite generano un risparmio di energie, una minore usura degli utensili, ed in definitiva una riduzione dei costi totali.

Si distinguono i Lubrorefrigeranti Non Miscibili (LRNM) e Lubrorefrigeranti Miscibili (LRM), ed all'interno di queste due grandi categorie si fanno altre suddivisioni in base a specifiche caratteristiche, come è illustrato in figura N°2.

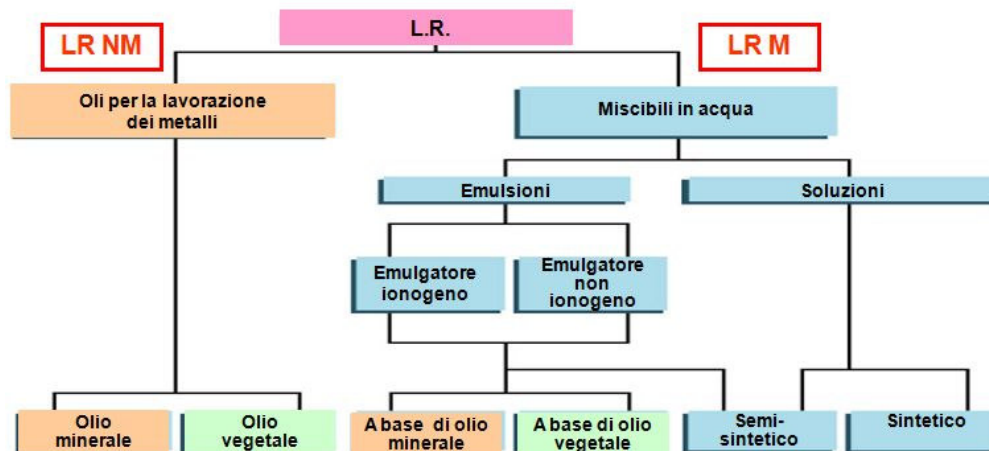


Figura N°2-

Gli oli interi a tutti gli effetti sono dei lubrorefrigeranti (LR), ma la loro funzione primaria non è quella di asportare calore, bensì di evitare che questo si formi.

Nelle varie lavorazioni le esigenze sono diverse, così nelle lavorazioni ad asportazione di truciolo è richiesta la riduzione dell'attrito tra truciolo ed utensile e quindi sono importanti le

proprietà lubrificanti del liquido. Nelle operazioni di rettifica invece è importante che la mola sia sempre priva di trucioli, con gli interstizi sgombri e quindi sono richieste elevate proprietà lavanti del LR, infine in quasi tutte le lavorazioni è richiesta una buona dissipazione del calore e quindi diventa importante una giusta viscosità del liquido lubrorefrigerante.

Nella zona di contatto tra truciolo ed utensile si sviluppano temperature molto elevate, che possono arrivare anche a 500 – 600 °C ed è noto che a queste temperature si ha un rapido deterioramento dell'utensile. La figura N°3 mostra appunto schematicamente come è distribuito il calore nella zona in cui si forma il truciolo.

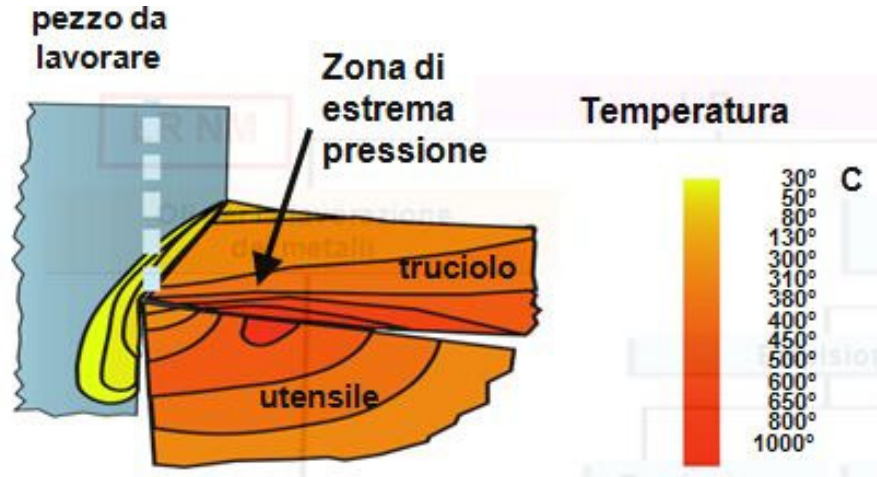


Figura N°3

Le proprietà di un LR sono determinate dall'olio base impiegato e dagli additivi aggiunti.

L'olio base determina le seguenti proprietà del LR	Gli additivi determinano le seguenti proprietà del LR
<i>Viscosità</i>	<i>Detergenza</i>
<i>Effetto lubrificante</i>	<i>Prestazione al taglio</i>
<i>Punto di infiammabilità</i>	<i>Antischiuma</i>
<i>Evaporazione</i>	<i>Antinebbia</i>
<i>Nebbia</i>	<i>Antiossidanti</i>
<i>Fumosità</i>	<i>Protezione alla corrosione</i>

Gli oli base che si possono utilizzare nella formulazione di un LR adatto alle lavorazioni di taglio o di rettifica sono:

- *Olio minerale*
- *Oli bianchi (alimentare e medicale)*
- *Oli minerali raffinati (hydrothreated – hydrocrack)*
- *Oli sintetici PAO (polialfaolefine)*
- *Esteri naturali ricavati da colza, girasole o grassi animali*
- *Esteri sintetici a base vegetale*
- *Esteri sintetici*

La scelta degli additivi modifica la proprietà degli oli ed in particolare influisce nel comportamento nei processi (additivi polari ed EP), nel comportamento sulla macchina

(schiuma, filtrazione, compatibilità), nel comportamento nell'ambiente (salute, sicurezza, stabilità) .

La sigla EP sta per Extreme Pressure, cioè un additivo che conferisce all'olio la proprietà di resistere alle alte pressioni, in altre parole il film di olio che si forma tra le due superfici in contatto ha la proprietà di non rompersi anche in presenza di pressioni rilevanti.

Ciò evidentemente è una caratteristica fondamentale nelle lavorazioni ad asportazione di truciolo.

Gli additivi polari sono caratterizzati dalla presenza di molecole che hanno affinità con quelle del materiale da lavorare da cui vengono attratte con un meccanismo paragonabile all'attrazione tra un polo negativo ed uno positivo di due magneti. Sulle superfici dell'utensile e del pezzo si forma quindi uno strato di molecole fortemente aderenti che impediscono il contatto diretto metallo-metallo e riducendo quindi drasticamente l'attrito ed il calore prodotto.

Come si è detto, agli oli interi vengono aggiunti questi additivi che sono di vari tipi e che sono attivi in una ben determinata gamma di temperature. Nella figura N°4 sono indicati alcuni tipi di additivi EP con i campi di temperatura in cui sono attivi.

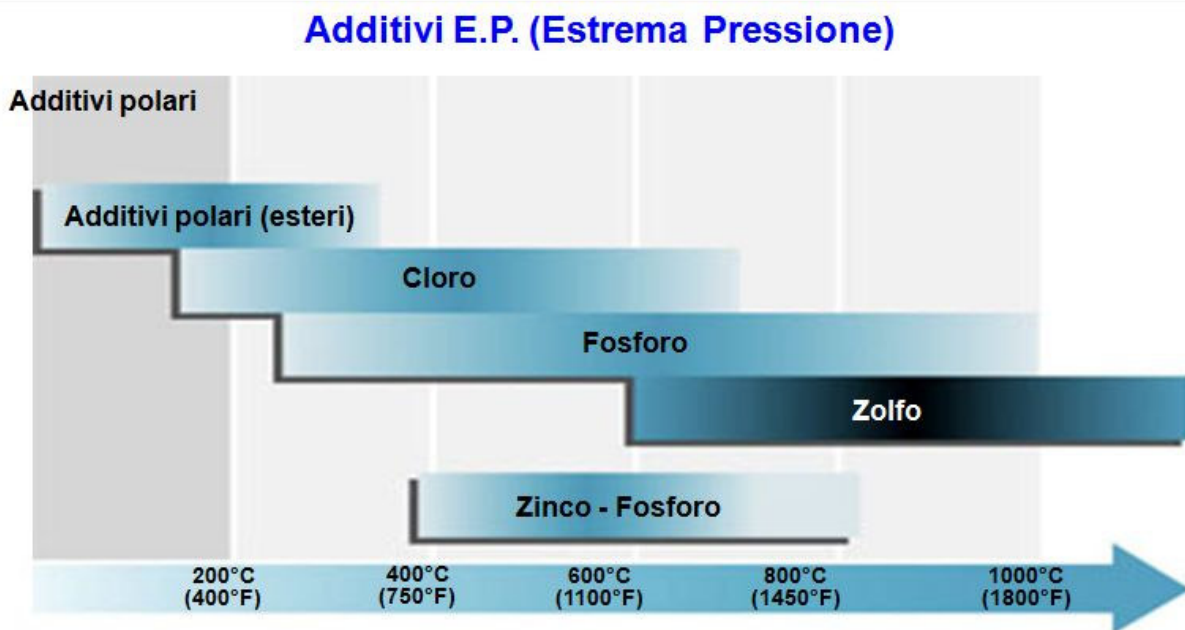


Figura N°4- Additivi EP aggiunti agli oli interi

E' evidente che la presenza nel liquido LR di elementi quali il cloro, il fosforo, lo zolfo, e lo zinco, rendono il liquido stesso potenzialmente dannoso per gli operatori (dermatiti, problemi respiratori ed altro), ed inoltre richiedono maggiori cure e costi per lo smaltimento.

A questo proposito bisogna precisare subito che gli esteri a base vegetale sono già dotati di *molecole polari* e quindi non necessitano di additivi avendo già un forte potere lubrificante.

Come si è visto nella figura N°2 esistono due grandi famiglie di oli di base: quelli di origine vegetale e quelli di origine minerale. Le due famiglie hanno proprietà molto diverse sotto molti punti di vista, come è indicato nella tabella N°1.

Tabella N°1- Due grandi macrofamiglie di oli base

BASE VEGETALE		BASE MINERALE
Colza, Ricino, Girasole	Origine della base	Distillato di Oli minerali
Rinnovabile	Risorsa	Limitata
Esteri naturali - Esteri sintetici	Composizione chimica	Idrocarburi Naftenici - Paraffinici
Polare	Polarità	Non polare
	CONFRONTO TECNICO	
Alta	Adesività /Film	Bassa
Ottimo	Potere bagnante	Scarso
Ottimo	Taglio	Buono
	CONFRONTO ECOLOGICO	
Eccellente	Sicurezza	Accettabile
28 giorni 98%	Biodegradabilità	Anni
Innocuo	Uomo	Rischioso (IPA)
Positivo	Bilancio CO₂	Negativo

Uno degli aspetti negativi delle basi minerali è il contenuto di sostanze potenzialmente cancerogene (benzene, butadine, benzopirene ecc.), che entrano nella categoria degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA). Anche se esistono delle norme che escludono la pericolosità di questi elementi se le loro concentrazioni sono minori di certi livelli, pure non è nemmeno accertata la loro completa innocuità.

A questo punto bisogna dare alcune definizioni di termini che saranno usati in seguito.

L'evaporazione dell'olio alle temperature di esercizio oltre a generare un maggior consumo, inquina l'ambiente di lavoro ed aumenta la possibilità di incendio e quindi un olio è tanto migliore, sotto questo punto di vista, quanto minore è la sua tendenza all'evaporazione.

Olio ad alto rendimento per lavorazioni ad asportazione di truciolo

Il lubrorefrigerante ideale dovrebbe garantire la migliore prestazione dell'utensile, dovrebbe essere assolutamente stabile, avere il massimo di potere antischiuma e di potere antiossidante, dovrebbe essere sicuro per la salute e completamente rispettoso dell'ambiente, avere una completa compatibilità con la macchina e essere di facile

gestione anche dal punto di vista dell'impiantistica, dovrebbe inoltre essere completamente compatibile con gli oli estranei. Ma questo non è possibile. Un ottimo olio da taglio è il risultato di un buon compromesso tra le varie caratteristiche. La figura N°5 mostra un diagramma, chiamato Spider-Web, che rappresenta molto bene questa complessa situazione. L'ideale sarebbe quello di avere un massimo punteggio per ogni caratteristica, ma in pratica si hanno invece dei compromessi tra le varie caratteristiche, a volte antitetiche, che sono indicati dalle linee rossa e verde.

Spider-Web il conflitto di competenze

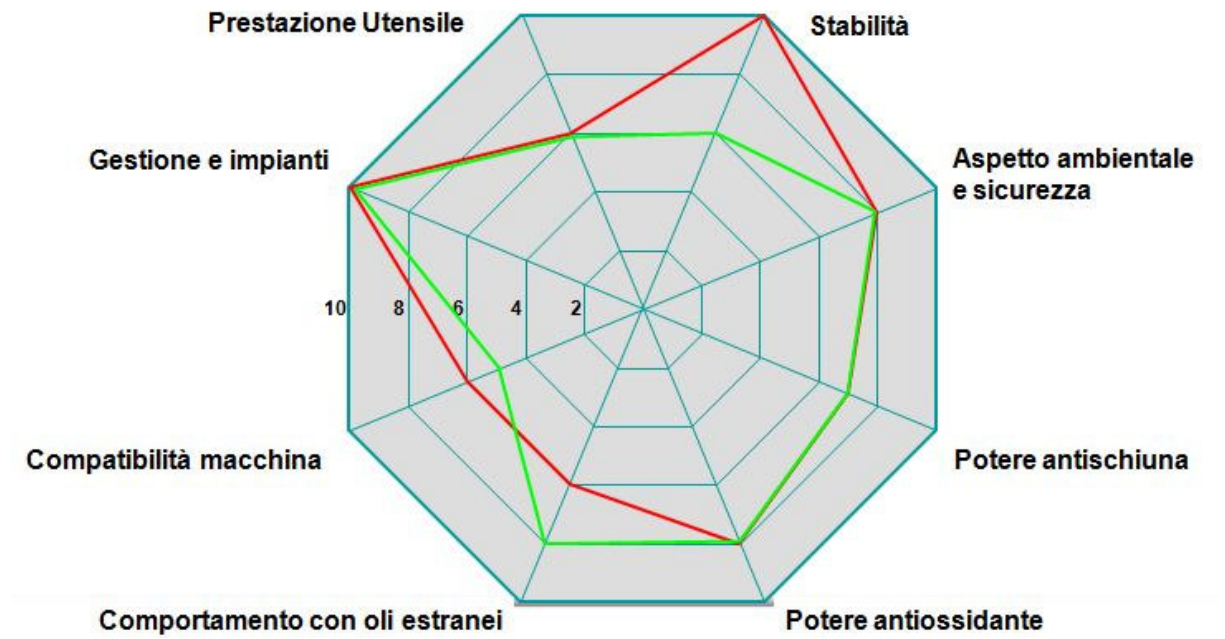


Figura N°5

La Blaser Swissslube ha lanciato sul mercato un olio denominato *Vascomill CSF 35*, che è un estere vegetale con caratteristiche ottimali per le operazioni ad asportazione di truciolo, quali per esempio il taglio degli ingranaggi con creatore, con coltello stozzatore e nella finitura con il coltello rasatore ed anche in operazioni come la brocciatura (specie di scanalati) e, naturalmente in tornitura.

Le caratteristiche tecniche principali sono:

- *Elevatissimo punto di infiammabilità (333 °C) (abbattimento della fumosità)*
- *Eccellente potere lubrificante (aumento della vita dell'utensile, aumento dei parametri di taglio, ottime finitura)*
- *Esente da olio minerale*
- *Inodore (anche il lavorazione)*
- *Esente da additivi E.P.*
- *Esente da IPA (potenzialmente cancerogeni per l'uomo)*
- *Facilmente biodegradabile (98% in 100 giorni).*

Da numerose prove presso grandi utilizzatori è risultato che in comparazione con gli oli minerali si ha un aumento di rendimento degli utensili che può arrivare fino al 50% con un più elevato rispetto dell'ambiente, un'apprezzabile riduzione del consumo di olio e minori difficoltà nello smaltimento degli oli esausti, dei trucioli e dei reflui di lavaggio.

Si pensi solo alla veloce biodegradabilità di questo LR comparata con quella degli oli minerali che richiedono molti anni.

L'elevato punto di infiammabilità (333°C) è un altro grande vantaggio di questo tipo di olio in quanto durante l'operazione di taglio in pratica non si sviluppa fumo, con un evidente vantaggio per l'ambiente e per i consumi.

Gli elevati rendimenti degli utensili ad asportazione di truciolo sono una conseguenza diretta del maggior effetto lubrificante di questo olio. Infatti si ha un minore attrito con minore generazione di calore.

Questo olio, data la sua elevatissima biodegradabilità, riduce drasticamente i motivi che rendono appetibile il taglio a secco, cioè gli alti costi di gestione degli oli minerali, come lo smaltimento degli oli esausti, lo smaltimento dei trucioli, l'abbattimento dei fumi ecc.

Olio ad alto rendimento per la rettifica

Nell'operazione di rettifica le caratteristiche degli oli da taglio devono essere completamente differenti.

Pur essendo anche la rettifica un'operazione ad asportazione di truciolo, questa funzione viene espletata dai micro-taglienti costituiti dagli spigoli dei grani abrasivi. Mentre nelle operazioni classiche ad asportazione di truciolo è necessario contrastare gli effetti del forte attrito tra utensile e truciolo, nelle operazioni di rettifica è importante che la mola sia sempre pulita, cioè che gli interstizi tra i grani taglienti siano liberi.

Quindi gli oli da rettifica devono avere un elevato potere detergente e non richiedono che il LR abbia un forte potere lubrificante, anche se questo non deve essere del tutto assente.

La potenza assorbita in un'operazione di rettifica si trasforma per oltre il 90% in calore e il 75% di questo calore viene trasferito ai trucioli. Più il materiale è duro maggiore sarà il calore generato.

Il forte potere detergente viene ottenuto con una viscosità particolarmente bassa, per esempio 10 mm²/s. In sintesi un LR per la rettifica può avere uno scarso potere lubrificante, ma deve avere un grande potere detergente ed un altrettanto alto potere raffreddante.

Da quanto detto finora si può intuire che gli oli di origine vegetale non sono adatti alle operazioni di rettifica, infatti sono caratterizzati da un elevato potere lubrificante (molecole polari) ma di un scarso potere detergente. Al contrario gli oli di origine minerale possono avere un forte potere detergente con un minor potere lubrificante.

Inoltre gli esteri vegetali e sintetici non possono essere impiegati in rettifica perché questo tipo di LR si ossida velocemente quando la sua viscosità è bassa.

La Blaser ha introdotto un olio di origine minerale che consente un elevato rendimento nelle operazioni di rettifica, si tratta dell'olio *Blasogrind HC*.

Questa categoria di oli è ottenuta con il trattamento Hydrocrack di cui si è parlato sopra che permette di eliminare i componenti indesiderati ed ottenere una purezza molto elevata. Questi oli inoltre hanno una stabilità termica elevata, con minore evaporazione e un maggiore indice di viscosità (minor variazione della viscosità al variare della temperatura)

Le migliori prestazioni dell'olio sintetico Hydrocrak serie Blasogrind HC possono essere riassunte in:

- *Alto punto di infiammabilità*
- *Bassa tendenza all'evaporazione*
- *Elevate proprietà detergenti (mola pulita, pezzi puliti, assenza di bruciature)*
- *Elevato rendimento (minor consumo della mola, riduzione tempo ciclo)*
- *Riduzione assorbimento Kw mandrino portamola*
- *Stabilità fisico-chimica*
- *Minima variazione della viscosità al variare della temperatura*
- *Ottima compatibilità con gomme e elastomeri*
- *Assenza di schiuma*

Gli oli di cui sopra contengono un pacchetto di additivi EP che migliorano le caratteristiche tecniche della base, in particolare nelle operazioni di rettifica degli ingranaggi, sia per rettifiche di forma che per quelle a generazione.

Gli additivi aggiunti ed il particolare processo di raffinazione consentono inoltre di ridurre la generazione di nebbie, fumi e vapori e quindi di migliorare l'ambiente di lavoro, di ridurre i consumi, di ridurre la manutenzione degli impianti di aspirazione, di mantenere costante la viscosità e di ridurre i possibili rischi di incendio.

Oli miscibili

In una vasta gamma di lavorazioni ad asportazione di truciolo si possono usare vantaggiosamente LR composti per l'oltre il 90% di acqua in cui viene diluito un concentrato che può formare una emulsione o una soluzione.

Molti anni fa si preparava questo LR diluendo nell'acqua un olio minerale. Semplicemente si vuotava nell'acqua l'olio il quale spontaneamente o per effetto della circolazione in macchina si emulsionava nell'acqua dando luogo al classico liquido bianco latte.

In seguito le emulsioni venivano preparate con la diluizione di olio a base vegetale in acqua e qui si cominciavano ad avere i primi grandi vantaggi in ordine di consumi, di stabilità e di efficienza.

Oggi si preferisce usare esteri sintetici che formano delle soluzioni.

Il prodotto così ottenuto ha un grande potere raffreddante, costa relativamente poco e, nei grandi centri di lavoro e nelle grandi *linee transfert* è il LR che viene usato normalmente. Ma anche in altre lavorazioni più specifiche ha ottimi risultati, come per esempio in brocciatura.

I buoni risultati però si possono ottenere solo a patto che si rispettino alcune regole fondamentali in primo luogo nella progettazione dell'impianto e poi nella preparazione e nella sua manutenzione del LR.

L'impianto e le pompe devono avere una capacità adeguata alla lavorazione da eseguire, tenendo presente che il LR immesso nella zona di lavoro deve essere in grado di asportare tutto il calore generato nel processo di formazione del truciolo.

Conoscendo la capacità di assorbimento di calorie dell'acqua si può determinare il volume della vasca e la portata delle pompe. A questo scopo occorre conoscere la potenza al mandrino in KW e il rendimento meccanico della macchina che mediamente può essere stimato in 0,7, anche per tenere conto delle perdite cinematiche.

Il fabbisogno unitario in litri per KW di acqua è in funzione della lavorazione e ovviamente le variabili sono molte (volume truciolo asportato, materiale, tipologia utensile, tipologia lavorazione ecc...), ma in base all'esperienza si possono considerare i seguenti valori:

- *Operazioni con asportazione truciolo 5-7 litri/minuto per ogni Kw*
- *Operazioni di rettifica 12-15 litri/minuto per ogni Kw.*

Questo per quanto riguarda la portata delle pompe. Per quanto riguarda invece la capacità delle vasche, bisogna far ricorso ad una regola empirica universalmente ritenuta valida che dice semplicemente che il volume della vasca deve essere 6 - 8 volte la portata delle pompe.

Nella tabella seguente è riportato un esempio di dimensionamento dell'impianto.

	<i>Operazione con asportazione di truciolo</i>	<i>Operazione di rettifica</i>
<i>Potenza al mandrino</i>	20 Kw	20 Kw
<i>Rendimento</i>	0,7	0,7
<i>Fabbisogno di LR</i>	$20 \times 0,7 \times 7 = 98 \text{ l/min}$	$20 \times 0,7 \times 15 = 210 \text{ l/min}$
<i>Capacità vasca</i>	$98 \times 8 = 784 \text{ l}$	$210 \times 8 = 1680 \text{ l}$

Anche la preparazione dell'emulsione è un'operazione che deve essere fatta con cura.

I prodotti sintetici il cui concentrato non contiene olio minerale o vegetale creano soluzioni e quindi per la preparazione del LR si può usare un semplice dosatore.

Nel caso di prodotti il cui concentrato contenga olio (emulsioni e semisintetici) è indispensabile che il miscelatore, sia esso volumetrico o venturimetrico, frantumi l'olio in micro gocce generando una micro emulsione.

Il diametro medio della gocciolina dell'olio delle microemulsioni è di 0,1 - 0,2 micrometri, e per ottenere questo è necessario che il miscelatore svolga questa funzione e non sia un semplice dosatore.

Perchè una emulsione invecchia ?

I motivi possono essere riassunti nei seguenti punti:

1. Aumento nel tempo della concentrazione salina nella fase acquosa.

Mediamente il 95% di una emulsione è acqua, ed i sali normalmente presenti in alta quantità nelle acque di rete sono : Cloruri, Solfati, Nitriti, Nitrati, Calcio, Magnesio

L'influenza di questi sali in quantità elevata nei LR genera : instabilità - separazione – corrosione – perdita di detergenza – residui solidi e/o oleosi a seconda del tipo di LR.

Le acque di pozzo e industriali hanno spesso caratteristiche peggiori. La concentrazione salina aumenta nel tempo a causa dei rimbocchi che giornalmente introducono altri sali. Oltre una concentrazione di 150 mg/litro di cloruri inizia la corrosione delle parti meccaniche della macchina.

2. Inquinamento da oli estranei e altri. Giorno dopo giorno in vasca si crea un nuovo prodotto che l'operatore respira, quindi esiste un rischio ambientale e di patologie. Si ha lo sviluppo di fumo nella zona di lavoro. Inoltre si forma un residuo oleoso e solido sulla macchina, l'olio estraneo trattiene il particolato (residuo fine della lavorazione) che è estremamente dannoso per le parti di scorrimento e gli organi meccanici. Non si può estrarre l'olio estraneo in nessun modo dall'emulsione con conseguente instabilità del LR

e quindi nascono possibili rischi per la macchina utensile a causa della perdita delle caratteristiche tribologiche dell'olio.

3. Truciolo e residui dei materiali lavorati. L'emulsione porta tutti i residui in vasca generando melme sul fondo vasca composte dal particolato metallico fine (Grafite, Silicio, Calamina, ecc.), saponi, residui grassi, protettivi, detergenti, e altri rifiuti. (Nota: la calamina o scaglia di laminazione, è uno strato di ossido che si forma sulla superficie dei prodotti siderurgici durante le operazioni di laminazione a caldo).

4. Stress da lavoro (effetto meccanico). Un tempo lo stress meccanico era molto limitato perchè le pressioni di esercizio erano basse, cioè meno di 20 bar. Ora l'olio viene spinto in certi casi a 80 – 100 bar e, nelle macchine dell'ultima generazione fino a oltre 300 bar. In queste condizioni si ha una rapida degenerazione del LR.

Il LR sia esso un'emulsione o una soluzione è soggetto ad attacchi batterici che degradano il composto e generano una serie di gravi inconvenienti, anche di carattere ecologico, per cui, in assenza di una corretta gestione si deve cambiare il LR.

In genere si fa uso di battericidi e fungicidi che però hanno a loro volta un certo grado di pericolosità. La Blaser fa uso della tecnica biodinamica che in parole povere consiste nell'immissione di batteri non patogeni antagonisti dei batteri patogeni che hanno l'effetto inquinante.

Uno dei controlli più semplici, tra i tanti disponibili, per verificare lo stato del LR è quello della misurazione del pH. Il pH ideale è 8,5 e 9.

Nella figura N°6 sono indicati gli inconvenienti che un pH errato provoca.

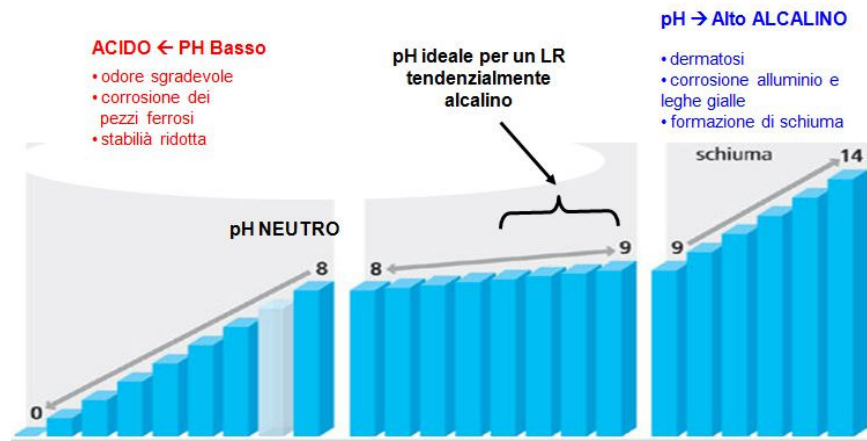


Fig. N°6