



FLUIDOS DE CORTE

INTRODUÇÃO

Para todo processo de corte de metais, descobriu-se que a velocidade poderia ser alta; se as superfícies de contato, na usinagem, fossem mantidas em baixa temperatura.

Assim, surgiram os fluidos de corte.

Com o avanço das experiências, notou-se que o fluido de corte pode contribuir de muitas maneiras para a melhoria do corte exercendo várias funções como:

- refrigerar;
- lubrificar (ação anti-solda);
- melhorar o acabamento de superfícies;
- reduzir o desgaste da ferramenta;
- remover aparas (por ação da lavagem);
- proteger contra a corrosão.

Nem todas as funções citadas são exigidas em todas as operações.

A seleção do fluido de corte adequado depende do tipo de serviço a executar.

De modo geral, os principais fluidos de corte são:

- ar
- água
- fluidos sintéticos (soluções químicas)
- fluidos semi-sintéticos e fluidos convencionais (emulsões de óleo)
- óleos de corte integrais

AR

O ar comprimido ou simplesmente o ar soprado por um ventilador é usado na usinagem a seco do ferro fundido e nas serras de fita.

A função do ar nestes trabalhos é de afastar as aparas (cavacos) e resfriar.



ÁGUA

A água foi a primeira substância a ser usada como fluido de corte.

É o melhor refrigerante disponível, porém não tem poder lubrificante.

Além disso, provoca a corrosão dos metais ferrosos e tem baixo poder umectante (elevada tensão superficial).

Devido às características citadas, foram desenvolvidos produtos que, adicionados à água, suprem as suas deficiências.

FLUIDOS SOLÚVEIS PARA CORTE

“Óleo solúvel” é o nome dado a uma faixa de produtos que, quando misturados com água, são adequados para operações de usinagem.

Outras subdivisões são possíveis e convenientes para a finalidade desta discussão:

- óleos solúveis convencionais: emulsões de óleo mineral
- óleos solúveis bioestáveis
- fluidos solúveis sintéticos e semi-sintéticos: podem ou não conter óleo mineral
- fluidos químicos: soluções de inibidores em água, sem óleo mineral

A)- Fluidos Convencionais e Semi-Sintético **(emulsões de óleo)**

Emulsão é a dispersão, em glóbulos, de um líquido no seio de outro líquido. Isso acontece quando se diluem os óleos emulsionáveis (óleos solúveis) em água.

Como é do conhecimento geral, o óleo mineral não se mistura com a água. Para que a mistura ocorra, é necessário aditivar o óleo com emulsificantes.

Os emulsificantes (sabões e sulfanatos) possuem moléculas formadas por duas regiões distintas; uma delas é hidrófoba (teme a água) e a outra é hidrófila (gosta de água).

Quando o óleo emulsionável é jogado na água, o emulsificante concentra-se na interface da água com o óleo. Então a região hidrófoba mistura-se com o óleo e a hidrófila mistura-se com a água.



Esse fenômeno forma uma película capaz de evitar que as gotículas de óleo se aglutinem e se separem da emulsão.

Nota-se ainda que a região hidrófila possui carga elétrica negativa e, como pólos iguais se repetem, a emulsão se torna estável.

B) - Fluidos Sintéticos (soluções químicas)

São produtos compostos por inibidores de ferrugem, detergentes e agentes umectantes.

Essas soluções devem se diluídas em água para o uso, refrigeram bem e dão boa proteção contra a corrosão, porém não lubrificam.

As soluções químicas são empregadas em retífica e outras operações onde a necessidade de refrigeração e detergência são predominantes.

Aspecto das Emulsões

As emulsões apresentam-se leitosas ou transparentes.

A diferença é devido ao tamanho das gotículas, a saber:

- emulsão leitosa – 2 a 4 μm
(emulsão convencional)
- emulsão translúcida – 0,5 a 1,5 μm
(emulsão semi-sintética)

As gotículas maiores refletem a luz e aparecem brancas, já as menores deixam passar luz e aparecem transparentes.

Quanto mais emulsificante tiver na mistura, menor será a gotícula, pois o óleo deve aumentar sua superfície para acomodar todas as regiões hidrófilas.

Devemos salientar que um óleo solúvel convencional possui óleo mineral na sua formulação que varia entre 50% e 85%, já um fluido semi-sintético possui menos que 50% de óleo mineral.

Preparo da Emulsão

Toda emulsão deve ser preparada misturando-se lentamente o óleo na água com agitação contínua. Esse é o modo adequado de fazer uma emulsão óleo em água.



Caso a água seja adicionada ao óleo tem-se uma emulsão água em óleo (emulsão invertida) e, mesmo com agitação prolongada, será muito difícil transformá-la numa emulsão óleo em água.

A emulsão água em óleo (emulsão invertida) é instável e provoca formação de ferrugem e desgaste prematuro da ferramenta de corte.

Os pontos mais importantes no preparo das emulsões são:

- a) dureza da água
- b) pH da água
- c) proporção de óleo e água

a)- Dureza da Água

A dureza da água provém dos sais de cálcio e magnésio nela contidos.

A medida para a dureza da água é dada pela quantidade em ppm (partes por milhão) de carbonato (CaCO_3) contido na água.

Para cada 17 ppm de CaCO_3 tem-se um grau de dureza ($^\circ \text{d}$).

Os sais de cálcio e magnésio podem reagir com os emulsificantes e formar compostos insolúveis.

Esses compostos formam espuma ou borra na superfície da emulsão. Contudo, não se pode retirar todos os sais da água, pois água muito branda também facilita a formação de espuma.

As emulsões devem ser feitas com água de dureza entre 5 e 20 $^\circ \text{d}$.

A água canalizada das cidades em geral tem sua dureza dentro da faixa admissível, porém, caso seja preciso corrigir, usa-se nitrato de cálcio para endurecer e carbonato de sódio ou fosfato trissódico para abrandar.

b) - pH da Água

O valor do pH indica se o líquido é ácido, neutro ou alcalino.

O pH da água para emulsão recém preparada deve ficar entre 8,5 e 10,0, ou seja, alcalino.

Se o pH da emulsão for muito baixo haverá fácil formação de ferrugem. No caso de pH muito alto, haverá problemas com a saúde do operador da máquina.

Neste caso, o fluido remove a gordura natural da pele facilitando a penetração de bactérias.



c) - Proporção de Óleo e Água

Nas emulsões, a parte predominante é a água, ela geralmente representa 90% ou mais da emulsão.

A outra parte é constituída por óleo emulsionável, este tem duas funções principais: lubrificar e refrigerar.

Quando são usinados materiais duros, a necessidade predominante é lubrificar.

No caso de materiais facilmente usináveis, refrigera é a necessidade predominante.

O poder de lubrificação ou de refrigeração é controlado pela quantidade de óleo.

Assim, para os materiais duros, usa-se 10% de óleo e para os macios 5% de óleo.

Em retificação a proporção é de 2% a 4%.

Controle das Emulsões

Durante a usinagem dos metais, o óleo contido na emulsão é consumido. Isto ocorre porque o óleo tem grande afinidade com os metais, combina-se com os cavacos e é lançado fora.

Como a temperatura de usinagem é alta, a água contida nas emulsões, tende a evaporar.

Portanto, torna-se necessário controlar a concentração e o nível das emulsões.

Outro ponto a ser controlado é o pH visto que a contaminação por bactérias, por resíduos de produção ou vazamentos de lubrificante pode alterar o pH.

Controle da Concentração

Um método prático e rápido de medir o teor de óleo de uma emulsão é usar um refratômetro. O refratômetro mede o índice de refração da luz.

Como o índice de refração relaciona-se com o teor de óleo na emulsão, tem-se um aparelho para medir sua concentração.

Faz-se medição colocando a película de emulsão na superfície de um prisma e observando a luz que passa através da emulsão e do prisma.



A leitura é feita num visor dotado de escala óptica.

O visor mostra duas regiões: uma clara e outra escura.

O valor da concentração é determinado pela linha que separa as duas regiões.

Outro método, porém mais demorado, consiste em adicionar ácido clorídrico concentrado em pequena amostra da emulsão.

Após algum tempo, o óleo separa-se da água.

Assim, o teor de óleo pode ser medido desde que seja usado um frasco graduado para o ensaio.

Controle do pH

Para manter, em serviço, as propriedades anti-corrosivas e a estabilidade da emulsão, seu pH deve ser mantido entre 8,5 – 10,0.

O método mais simples para controlar o pH é com papel indicador, e desde que se use papel com graduação precisa, os resultados são confiáveis.

Filtragem de Emulsão

Durante a operação, a emulsão é continuamente contaminada pelos resíduos de corte, isso torna necessário uma filtragem para que os contaminantes não encurtem a vida útil da emulsão.

Existem muitos métodos para filtragem de emulsões, os principais são:

- **filtragem por gravidade;**
- **filtragem por correia magnética;**
- **filtragem por correia e papel.**

Desses métodos, o menos eficaz é o da filtragem por correia, devido ao fato de não reter as partículas menores e dificultar a remoção da borra. Além disso, a borra se acumula no tanque e reduz a vida útil da emulsão.

O filtro de correia magnética pode ser usado em vários tipos de máquinas, mas é mais adequado nas retificadoras porque os seus resíduos são em pó e o pó facilita o transporte por magnetismo.

O filtro por correia e papel filtrante é o melhor dos métodos, sendo particularmente indicado para sistemas centralizados.



Nesse tipo de filtro, as impurezas depositadas no papel filtrante atuam como auxiliar de filtração, pois o aumento dos depósitos retém progressivamente partículas menores, assim, a filtração é mais fina do que a sugerida pelo tamanho dos poros do papel.

A troca do papel é automática, à medida que o bolo de depósitos engrossa, reduz-se o fluxo através do papel, eleva-se o nível do fluido sobre o bolo e uma chave de bóia aciona a correia que troca o papel.

Cuidados com as Emulsões

Quando em uso, as emulsões estão sujeitas à ações de bactérias que causam odor insuportável e alteração na cor.

As bactérias podem ser introduzidas na emulsão pelo ar, água, poeira, ou contaminantes.

Entretanto, há um fator que aumenta muito a proliferação bacteriana, que é a presença na emulsão de cascas de laranja, pontas de cigarro, restos de café, alimentos, etc.

Quando a emulsão começa a cheirar mal ou mudar de cor é preciso substituí-la de imediato pois as bactérias presentes causam a dermatite industrial.

Limpeza Pessoal

A dermatite é uma inflamação da pele que pode ser eliminada simplesmente observando-se os princípios de limpeza.

Todo o operador envolvido com o manuseio de emulsões deve lavar muito bem as mãos e braços, pelo menos duas vezes por dia.

Os sabões abrasivos provocam micro ferimentos na pele por onde as bactérias, presentes na emulsão, penetram provocando dermatite.

Os solventes removem toda a oleosidade natural da pele, deixando-a indefesa facilitando também a penetração das bactérias.

São recomendados sabões neutros, uma escova macia também é útil.

O operador deve enxugar-se somente com toalha limpa de seu uso exclusivo ou com toalha descartável.



Fluidos de Corte Integrais

Fluidos de corte integrais baseiam-se em óleos minerais, usualmente com a adição de outros produtos químicos ou agentes para proporcionar melhores propriedades de usinagem.

Vamos olhar em primeiro lugar para a importância do óleo básico.

Óleos Básicos Mineral

Óleo Mineral é uma mistura de hidrocarbonetos nos quais as cadeias são dispostas e classificadas conforme segue:

χParafínicos: cadeias de carbono retas ou ramificadas

χNaftênicos : cadeias de carbono cíclicas saturadas

χAromáticos : cadeias de carbono cíclicas não-saturadas

Óleos minerais de fontes diferentes tem taxas diferentes dos três tipos.

Para finalidade de corte, usamos geralmente óleos com teor parafínico tão alto quanto possível e com teor de aromáticos o menor possível. Estes óleos são chamados geralmente de óleos de alto índice de viscosidade.

Os óleos com alto IV tem melhores qualidades que os de baixo IV pelas seguintes razões:

- a)- Os de alto IV possuem melhor resistência a oxidação.
- b)- Os de alto IV retém melhor a sua viscosidade durante as variações de temperatura.
- c)- Os óleos de alto IV são menos prejudiciais a pele, pois a fração aromática do óleo foi removida em grande escala.

Em termos de ação como lubrificantes numa operação de corte, a capacidade dos óleos minerais é severamente limitada.

Uma das características principais, que permite um corte eficiente e prolongada vida útil da ferramenta, é o mínimo atrito na interface do plano da ferramenta e do cavaco.

Consideremos as pressões envolvidas neste local e a natureza das superfícies inter-agentes.

Examinadas debaixo de um microscópio, mesmo as superfícies mais suaves aparecem como crateras na lua.



As pressões desenvolvidas na interface da ferramenta/cavaco são imensas e se estas duas superfícies não forem separadas de alguma maneira, ocorrerá severo desgaste da ferramenta e solda entre esta e o cavaco.

Os óleos minerais comportam-se como lubrificantes simplesmente pelo fato de que as moléculas de óleo fisicamente mantêm as superfícies metálicas separadas.

Isso é chamado de **lubrificação hidrodinâmica**.

Não há reação química envolvida neste processo.

Sob as extremas pressões desenvolvidas em muitas operações de corte, esta película seria rapidamente empurrada para fora devido aos efeitos já descritos.

Conseqüente para estas operações, o óleo mineral presente no fluido de corte é considerado principalmente como veículo para outros agentes que permitem ao fluido resistir estas elevadas cargas.

A viscosidade do óleo básico pode desempenhar um papel importante no funcionamento de um fluido.

Também são mais eficientes como refrigerantes e em algumas aplicações aumentam a “mordedura” da ferramenta de corte.

Óleos de mais alta viscosidade tem melhores propriedades lubrificantes, pois compõe-se de moléculas maiores que tem capacidade de manter a separação entre as superfícies metálicas.

Em poucas palavras, óleos de baixa viscosidade são usados para penetração e refrigeração, óleos de alta viscosidade são usados para lubrificação.

Aditivos

Os primeiros pesquisadores acharam que adicionando gordura ou cloro, em alguma forma, ao óleo mineral, melhorava bastante a facilidade do corte e a vida útil da ferramenta.

Estes aditivos continuam sendo usados largamente hoje em dia para as mesmas finalidades.

De que maneira são compostos no óleo e como é que funcionam?

Gorduras naturais, ácidos graxos, reagem com as superfícies metálicas para formar uma película unimolecular sobre as superfícies, que é orientada de tal maneira que as cadeias de hidrocarbonetos formam um “pele” externa.



Demonstrou-se que esta película é composta de sabão metálico formado pela reação do metal com a matéria graxa.

Esta película é ligada quimicamente ao metal e é altamente resistente à abrasão.

Este tipo de lubrificação ou lubrificação por camada limítrofe é muito mais firmemente ligada do que a barreira exclusivamente física formada pelo óleo sozinho.

O sebo, o lardoil, o óleo de soja e outras gorduras e óleos animais e vegetais são utilizados para esta finalidade. A eficiência desses produtos é freqüentemente ligada ao comprimento da cadeia de carbono – quanto mais longas as cadeias, mais eficientes se tornam em operação.

Os sabões são bastante eficientes para as operações de usinagem moderadamente severas, mas sob condições de carga muito elevadas e mais altas temperaturas, sua performance é inadequada.

Para estas aplicações, a presença de enxofre e cloro é necessária.

Estes materiais, acredita-se, reagem quimicamente com as superfícies metálicas produzindo os cloretos e sulfetos metálicos, que possuem estrutura laminar, similar ao grafite e ao dissulfeto de molibdenio.

Esses formam uma película de baixo atrito entre as superfícies metálicas e previnem o desgaste e a solda.

Estes agentes são chamados de **aditivos de extrema pressão (E.P.)**.

O cloro é adicionado normalmente sob a forma de óleo mineral clorado.

O enxofre pode ser incorporado no fluido de corte de várias maneiras, comumente sob a forma de gordura sulfurizada.

Podemos produzir gordura sulfurizada de tal forma que o enxofre seja “ativo” ou “nativo”.

Estes dois termos referem-se meramente ao efeito do material sobre cobre – um óleo “ativo” manchará o cobre, pois contém pequena quantidade de enxofre em estado “livre” ou dissolvido, enquanto que um óleo “inativo” não mancha o cobre pois o enxofre é inteiramente combinado.

O enxofre também pode ser incorporado simplesmente dissolvendo-se em óleo mineral ou gordura. Neste caso é extremamente ativo e estes óleos são chamados de “sulfurados”.

Ainda outra maneira de incorporar o enxofre no óleo de corte é através da reação do monocloreto de enxofre com gordura ou óleo mineral.



Este é o estado mais reativo de todos e tais óleos são chamados de sulfoclorado.

Geralmente falando, em termos de seus efeitos benéficos sobre um processo de corte, o mérito relativo destes aditivos aumenta na seguinte ordem (crescente) de eficiência:

- gorduras e derivados
- clorados
- sulfurizados inativos
- sulfurizados ativos
- sulfurados
- sulfoclorados

Efeitos da Temperatura

Sobre os metais ferrosos, os sabões são eficientes a temperaturas de 100 a 200 °C, os cloretos até 600°C e o enxofre até 1000°C.

Portanto, as temperaturas das operações de usinagem devem ser levadas em consideração quando se faz a recomendação de um fluido de corte.

Obviamente é inútil recomendar um óleo altamente sulfurizado e clorado para uma aplicação na qual as temperaturas nas superfícies são baixas ou recomendar um óleo graxo onde as temperaturas forem elevadas.

Efeito Sinérgico

A presença combinada de enxofre e de cloro num fluido de corte resulta em características melhoradas e bem maiores daquelas que se esperariam simplesmente adicionado-se cada um separadamente.

Isso é chamado de efeito sinérgico.

As razões para este efeito são obscuras, mas estão possivelmente relacionadas aos efeitos de temperatura mencionadas acima, sendo que o enxofre reduz a temperatura de usinagem para um nível em que o cloro também pode tornar-se eficiente.