

ESTUDO PARA A DETERMINAÇÃO DE PROCEDIMENTOS -PADRÃO PARA SELEÇÃO, APLICAÇÃO, MANUTENÇÃO E DESCARTE DE DIFERENTES TIPOS DE FLUIDOS DE CORTE UTILIZADOS EM RETIFICAÇÃO

Eraldo Jannone da Silva

Eduardo Carlos Bianchi

Universidade Estadual Paulista, FE - Departamento de Engenharia Mecânica
Cx. P. 473 - 17033-360 - Bauru, SP, Brasil

João Fernando Gomes de Oliveira

Universidade de São Paulo, EESC - Departamento de Engenharia Mecânica
CEP - 13560-250- São Carlos, SP, Brasil

***Resumo.** O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão dos princípios básicos envolvidos na seleção, aplicação, manutenção correta e no meios de descarte dos diferentes tipos de fluidos de corte disponíveis para utilização em processos de retificação. Após uma detalhada caracterização e classificação dos diferentes tipos de fluidos de corte, são apresentadas formas adequadas de seleção, aplicação e manutenção dos mesmos, apresentando-se então os benefícios resultantes no processo de corte e nos custos finais de produção do aumento da vida útil dos fluidos. Em função das tendências mundiais de adequação dos procedimentos industriais às normas ambientais vigentes é apresentado um estudo referente aos tipos de fluidos e aditivos que vem tendo seu uso desestimulado em função dos perigos a saúde humana e ao meio ambiente que os mesmos podem trazer. Concomitantemente, são apresentados os procedimentos-padrão de descarte dos diferentes tipos de fluidos, conforme os padrões ambientais vigentes e como as técnicas de gerenciamento dos fluidos de corte podem diminuir os custos finais de despojamento dos mesmos.*

***Palavras-chave:** Fluidos de corte, Gerenciamento, Descarte, Retificação*

1. INTRODUÇÃO

O cavaco gerado pela remoção de material no processo de retificação dá-se através da ação de inúmeras arestas de corte distribuídas e orientadas na estrutura do rebolo de forma aleatória. Segundo Kovacevic e Mohan (1995), esta remoção de material é acompanhada de um elevado consumo de energia. Durante as etapas de formação do cavaco (atrito, deformação plástica e lascamento), grande parte da energia gerada é convertida em calor causando elevadas temperaturas na região de corte. Como resultado têm-se uma sollicitação térmica da peça, podendo levar até ao comprometimento da integridade superficial da mesma,

através do surgimento de fissuras, distorções, tensões residuais elevadas e não-conformidades dimensionais. Estes efeitos indesejáveis podem ser acompanhados pelo desgaste acentuado do rebolo e pela aderência de partículas removidas do material usinado nos grãos abrasivos do mesmo, bem como levar ao entupimento das porosidades do ligante.

Com o desenvolvimento da indústria mecânica, os fluidos de corte tiveram de ser aprimorados e hoje existem produtos que são composições complexas, contendo agentes químicos que variam de acordo com o tipo de operação a ser executada e os metais a serem trabalhados. Segundo Mayer e Fang (1993), Jahanmir e Strakna (1993), devido as pressões exercidas por agências de proteção ambiental e de saúde, os fabricantes de fluidos de corte vem fabricando produtos mais saudáveis ao operador de máquinas-ferramentas e menos danosos ao meio ambiente.

Os métodos convencionais de aplicação dos fluidos de corte são pouco eficientes, especialmente sob condições de aplicação severas. A energia armazenada nos fluidos durante a sua aplicação não é suficiente, na maioria dos casos, para vencer a força centrífuga do rebolo ou penetrar na barreira de ar que circunda o mesmo em movimento. Segundo Guo e Malkin (1992), têm-se como resultado uma eficiência na utilização dos fluidos de corte na faixa de 5 a 30%. Devido a não-eficiente lubrificação e refrigeração da interface rebolo-peça têm-se como resultado um aumento do número de afiações da ferramenta (dressagem ou perfilamento, dependendo do tipo de rebolo utilizado) durante uma dada operação de retificação. Com isso, têm-se um desgaste prematuro da ferramenta abrasiva pois, segundo Kovacevic e Mohan (1995), do percentual de desgaste volumétrico de um rebolo, apenas 10% ocorre durante a usinagem propriamente dita. O restante é perdido durante o processo de afiação.

Devido ao número crescente de leis visando controlar danos à saúde e ao ambiente, o custo real dos fluidos usados em retificação tem crescido substancialmente. Disto provem as diretrizes econômicas para o ideal, objetivo imaginário de pesquisas atuais e futuras, que é fornecer as condições para a retificação econômica sem lubrificantes. Isto tem se provado impraticável. No entanto, retificação com menor uso de lubrificantes está surgindo como um passo intermediário.

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão da literatura, enfocando os procedimentos básicos de aplicação, manutenção e descarte dos principais tipos de fluidos de corte utilizados em retificação, conforme os padrões ambientais vigentes e como as técnicas de gerenciamento dos fluidos de corte podem diminuir os custos finais de despojamento dos mesmos.

2. FLUIDOS DE CORTE: CLASSIFICAÇÃO, FUNÇÕES E SELEÇÃO

2.1 Classificação dos fluidos de corte

Cada tipo básico de fluido de corte apresenta características, vantagens e limitações distintas. Entretanto, as características que distinguem as diferentes classes nem sempre é de fácil visualização, existindo pequenas diferenças quanto a classificação dos mesmos (Motta e Machado 1995). Segundo Runge e Duarte (1990) e ASM (1991), os fluidos de corte podem ser agrupados em quatro tipos básicos:

- Óleos de corte ou fluidos de corte (integral ou aditivado).
- Fluidos de corte solúveis em água:
 - Emulsionáveis convencionais
 - Emulsionáveis semi-sintéticos
 - Soluções (fluidos sintéticos)
- Gases

- Pastas e lubrificantes sólidos

Os óleos de corte tem como composto básico o óleo mineral, podendo ser usados no estado puro (sem aditivação) ou aditivado (presença de aditivos polares e/ou aditivos químicos ativos ou inativos). Atualmente estes óleos apresentam base parafínica, em sua maioria, pois segundo Webster (1995), os compostos aromáticos policíclicos, se não forem destruídos durante o processo de formação do óleo de corte através de forte hidrogenação, podem causar câncer ou dermatites. Estes óleos tem excelentes propriedades lubrificantes, bom controle anti-ferrugem, longa vida útil, porém apresentam menor poder refrigerante quando comparados com os fluidos de corte solúveis em água.

Os fluidos de corte solúveis em água transformam-se em misturas, quando seu concentrado é diluído em água. Estas misturas variam entre emulsões e soluções dependendo da constituição básica do fluido de corte solúvel concentrado (óleo mineral ou sais orgânicos e inorgânicos, respectivamente), da presença e do nível de emulgadores no concentrado. Dependendo da taxa de diluição e da constituição do concentrado do fluido solúvel, o fluido de corte pode apresentar uma refrigeração eficiente aliado a um moderado poder lubrificante.

Nas emulsões, o óleo mineral está disperso em forma de gotículas na água, devido a presença de emulgadores, os quais “quebram” o óleo mineral em minúsculas partículas (gotículas), mantendo-as dispersas e conferindo às mesmas cargas repulsivas, evitando a sua coalescência. Apresentam menor poder lubrificante e maior poder refrigerante que o óleo integral. Todavia necessitam de cuidados especiais quanto a qualidade da água utilizada, ao controle de microrganismos (bactérias e fungos), ao pH e a concentração da emulsão.

Os óleos semi-sintéticos são combinações de fluidos sintéticos e emulsões em água. Atualmente, estes fluidos são composições de fluidos sintéticos que contém somente uma pequena porcentagem de óleo mineral emulsionável, variando de 5 a 30% do total do fluido concentrado, o qual é adicionado a fim de propiciar uma emulsão estável, translúcida e composta de minúsculas gotículas de óleo. Os óleos semi-sintéticos combinam algumas das propriedades dos fluidos sintéticos e dos óleos emulsionáveis. As principais desvantagens são a lubrificação insuficiente em determinadas operações, bem como a formação de compostos insolúveis, quando a água utilizada no preparo da emulsão semi-sintética apresentar dureza elevada. Possuem também um melhor controle de oxidação que as emulsões convencionais.

Os fluidos sintéticos são soluções químicas, constituídas de materiais (sais) orgânicos e inorgânicos dissolvidos em água, não contendo óleo mineral. Em geral, permitem rápida dissipação de calor, bom controle dimensional, excelente poder detergente e excelente visibilidade da região de corte, facilidade no preparo da solução, elevada resistência a oxidação do fluido e a ferrugem. Sua utilização vem crescendo em função do custo elevado dos fluidos de corte integrais, devido as dificuldades de descarte destes e das restrições atuais quanto a sua utilização. O baixo poder lubrificante, a formação de compostos insolúveis e de espuma para determinadas operações de usinagem podem ser caracterizadas como desvantagens na utilização deste tipo de fluido.

Entre os *gases*, o ar é fluido gasoso mais comum. Alguns gases, como o argônio, hélio e nitrogênio são utilizados, em alguns casos, para prevenir a oxidação da peça e dos cavacos. Gases como o CO₂, que possuem ponto de ebulição abaixo da temperatura ambiente, podem ser comprimidos e injetados na região de corte promovendo sua refrigeração. Porém, grandes gradientes térmicos devem ser evitados, impedindo distorções das peças, surgimentos de tensões residuais, etc. Contudo, pesquisas vem sendo realizadas visando adequar a possibilidade da real utilização destes gases em larga escala, segundo os requisitos de qualidade e produtividade para as peças usinadas.

Dentre as *pastas e lubrificantes sólidos*, existem aqueles que são aplicados manualmente sobre a peça e na ferramenta em operações de mandrilamento. Rebolos, em alguns casos, são impregnados com lubrificantes sólidos, durante o processo de fabricação. Os lubrificantes

sólidos mais utilizados para operações de elevada severidade são o grafite, o bissulfeto de molibdênio, alguns tipos de pastas, sabões e ceras.

2.2 Funções de um fluido de corte

Segundo Motta e Machado (1995) e Runge e Duarte (1990), os fluidos poderão exercer uma ou mais funções, dentre as seguintes: refrigerar a ferramenta, a peça e o cavaco gerado; lubrificar a região de contato peça-ferramenta, reduzindo a fricção, minimizando a erosão e o desgaste da ferramenta, aumentando sua vida útil e contribuindo para uma diminuição da geração de calor na região de corte; controlar o surgimento da aresta postiça, no caso de ferramentas de geometria definida; conferir um poder de lavagem, expulsando os cavacos da região de corte e, no caso de operações de retificação, diminuindo a tendência do entupimentos dos poros do rebolo durante a operação de corte; propiciar uma proteção anticorrosiva. A importância relativa de cada uma das funções dependerá ainda do material usinado, do tipo de ferramenta utilizada (geometria definida ou indefinida), das condições de usinagem, do acabamento superficial e do controle dimensional exigido.

2.3 Como um fluido de corte afeta o processo de retificação

Segundo Torrance (sd), um fluido de corte não deve apenas promover uma boa refrigeração da peça por convecção. Ele deve promover a predominância dos mecanismos de corte ao invés da deformação plástica sem a remoção de material (“plowing”), sendo assim, diminuída a energia específica de retificação gerada no processo de usinagem (Malkin, 1989).

Segundo Hitchiner (1990) o fluido de corte pode facilitar a remoção de material, atuando em dois fatores: na manutenção da afiação do rebolo, através da diminuição do desgaste do topo do grão e pela manutenção da limpeza na região de corte; na diminuição do coeficiente de atrito entre o grão e a peça diminuindo o calor gerado pelo deslizamento destes grãos na peça. Isto traz uma maior facilidade de dissipação de energia, a qual é gerada em menor quantidade, pelo favorecimento do corte.

Os óleos integrais proporcionam menores forças de retificação, devido ao seu maior poder lubrificante, permitindo a diminuição do coeficiente de atrito e pela manutenção da afiação da ferramenta, gerando menores temperaturas na região de corte (Torrance, sd).

Além das propriedades lubrificantes, a capacidade de remoção de calor de um fluido de corte também é importante. No caso da retificação de aços temperados, estes são melhor retificados quando da utilização de óleos integrais Torrance (sd), os quais proporcionam menores gradientes térmicos, diminuindo a incidência de transformações microestruturais. Para materiais mais dúcteis, os óleos solúveis e sintéticos podem ser vantajosos, pois altas taxas de resfriamento podem ser introduzidas sem o aparecimento de trincas, devido a própria constituição química do material. Entretanto diferentes combinações fluido-ferramenta-material podem ser utilizadas, devendo-se atentar, principalmente a busca da diminuição da energia gerada na região de corte, gerando menores gradientes a serem removidos pelos fluidos, permitindo assim a utilização de fluidos solúveis e/ou sintéticos, pois, devido às pressões ambientais e aos riscos à saúde que os óleos integrais podem trazer (se os compostos aromáticos policíclicos não forem destruídos durante o processo de formação do óleo de corte, através de forte hidrogenação, podem causar câncer ou dermatites), seu uso vem sendo restringido (Webster, 1995).

2.4 Aspectos a serem considerados para a seleção correta de um fluido de corte

A seleção correta de um fluido de corte dependerá de uma série de fatores interrelacionados, tais como: aspectos econômicos, tipo de máquina operatriz, custos relacionados ao procedimento de descarte, tipo de sistema de circulação de fluido de corte, saúde humana e contaminação do fluido, meios de controle método de aplicação do fluido, severidade da operação, tipos de operação, materiais usinados, compatibilidade metal com fluido, dentre outros. Todavia, não existe um fluido de corte que venha atender todos os requisitos acima citados. Dentre os aspectos acima considerados, deve-se procurar definir os parâmetros prioritários para a operação de usinagem a ser desempenhada, verificando, dentre os fluidos existentes, aqueles que mais se adequam aos aspectos prioritários definidos.

A escolha de um fluido de corte não deve ser feita de forma isolada. Além dos aspectos acima citados, a otimização das condições de usinagem e do tipo de ferramenta abrasiva também devem ser considerados para a escolha do fluido de corte visando a diminuição das energias de retificação, reduzindo a carga térmica a ser retirada da peça pelo fluido.

3. FATORES QUE AFETAM A ESTABILIDADE DE UM FLUIDO DE CORTE

3.1 Óleos de corte

Deve-se procurar manter a temperatura do óleo entre 21 e 24°C e impedir a entrada de líquidos estranhos e contaminantes que podem levar a formação de compostos insolúveis, resultado da incompatibilidade de alguns aditivos. A filtração periódica para a remoção de cavacos e outras partículas estranhas aumentam a vida útil destes fluidos.

3.2 Fluidos de corte solúveis em água

A estabilidade das emulsões depende da manutenção das cargas elétricas repulsivas entre as gotículas de óleo formadas e dispersas na água. Os fenômenos que afetam esta estabilidade e podem gerar a quebra da emulsão são:

- A adição de ácidos e sais, os quais anulam as cargas repulsivas das gotículas.
- A acidulação da emulsão, pela absorção de CO₂ durante o preparo.
- O ataque bacteriano, que além do consumo de emulgadores e agentes anticorrosivos, gera subprodutos ácidos, resultantes de seu metabolismo, reduzindo o pH da emulsão e a proteção anticorrosiva propiciada pelo fluido.
- A qualidade da água é importante pois a utilização de “água dura” no preparo das emulsões pode levar a formação de compostos insolúveis, resultado da combinação de cátions de cálcio, magnésio e ferro com sabões, agentes umectantes e emulgadores, podendo levar a quebra da emulsão. Além disso, a água deve estar isenta de impurezas, microrganismos, excesso de cloro, etc.

Através do *pH* mede-se a acidez ou alcalinidade de uma solução aquosa. O valor do pH é um forte indicativo do nível de ataque bacteriano presente na emulsão e da queda das propriedades anticorrosivas da mesma, pois acidulação gradual da emulsão ocorre, principalmente, devido a geração, pelas bactérias, de subprodutos ácidos provenientes do metabolismo de seus nutrientes, sendo prudente realizar o controle do pH diariamente. O pH adequado das emulsões, a fim de impedir a proliferação do crescimento bacteriano, deve estar entre 9 e 10,5.

A *concentração* dos fluidos de corte solúveis varia conforme o tipo de produto em uso e suas aplicações específicas. O limite inferior não deve ser ultrapassado pois este limite refere-se a mínima concentração de utilização do fluido para que o mesmo mantenha suas propriedades lubrificantes e anticorrosivas de projeto. Comumente é indicada em termos de taxa de diluição, onde indica-se a taxa de diluição adequada para se obter a concentração de

projeto adequada em termos de proporção entre a quantidade de fluido de corte solúvel concentrado e a quantidade de água a ser adicionada.

O controle microbiológico de emulsões é fundamental, pois as emulsões podem sofrer diversos tipos de contaminações. A contaminação por bactérias anaeróbias e aeróbias resultam em redução do pH, irritação na pele, corrosão, mau cheiro podendo levar a quebra da emulsão, com a formação de camadas de óleo sobrenadante. A contaminação por fungos resulta em formação de camadas sobrenadantes de óleo, entupimento de filtros e tubulações. Por fim, a contaminação por líquidos estranhos têm-se uma medição inexata na concentração, acarretando em maior desgaste da ferramenta, entupimento dos filtros e névoa de óleo.

As bactérias devem ser mantidas sob controle, pois é quase impossível manter uma emulsão estéril (problema com fungos, os quais são mais difíceis de serem controlados que as bactérias). Para tanto, o controle com biocidas deve ser feito de maneira periódica, possibilitando o controle do pH e a contagem de microrganismos. A adição de biocida não deve ser realizada somente quando for detectada sua degradação (deterioração), pois isso acarretará em um aumento na quantidade de biocida introduzido, uma diminuição da proteção anticorrosiva, o pH terá diminuído a níveis inadequados sendo necessário a adição de materiais que elevem o pH e de materiais anticorrosivos, resultando em emulsões de baixa qualidade (apenas aceitáveis)

4. MANUTENÇÃO DOS FLUIDOS DE CORTE

Os fluidos de corte devem receber os mesmos cuidados que máquinas, equipamentos elétricos, instalações, etc. Os sistemas de refrigeração devem ser limpos, a cada nova carga de fluido de corte. Cuidados especiais quanto a estocagem e manuseio devem ser tomados. A remoção da camada de óleo sobrenadante é importante, pois, desta forma impede-se a proliferação de bactérias anaeróbias, responsáveis pelo mau cheiro característicos de emulsões contaminadas. A remoção dos cavacos é importante pois impede a formação de pontos de estagnação no reservatório, o que contribui para a proliferação de microrganismos.

Em caso de infecções bacterianas, procedimentos-padrão de limpeza devem ser tomados antes, durante e depois da colocação da nova carga de fluido de corte, através da utilização de biocidas e produtos de limpeza adequados, indicados pelo fabricante do fluido de corte. Deve-se ainda evita a mistura de fluidos de corte de procedências distintas, pela possível ocorrência de incompatibilidade entre os mesmos.

Finalmente, procedimentos referentes ao controle do pH, da concentração e da proliferação de microrganismos devem ser feitos de forma periódica.

5. DESCARTE DOS FLUIDOS DE CORTE

5.1 Composição dos resíduos sólidos em fluidos de corte

As partículas metálicas dependem do material usinado, do tipo de operação e do fluido de corte utilizado. As partículas abrasivas provém das ferramentas abrasivas usadas para corte. As partículas de resíduos de sais da água provém das impurezas nela contidas, que usualmente se concentram durante o uso. As partículas resultantes da degradação biológica podem ser os precipitados pretos, resultantes da combinação de H₂S (subproduto do metabolismo de bactérias anaeróbias) com íons ferrosos, tornando as emulsões com um aspecto acinzentado. A degradação da emulsão, resultado do aparecimento da camada de óleo sobrenadante, propicia a proliferação de bactérias anaeróbias. A proliferação de fungos gera um material entrelaçado e filamentososo que circula no fluido e se desenvolve nas interfaces de fluido/ar. Os contaminantes externos, tais como poeira, óleo contaminante, soluções de

limpeza, materiais orgânicos e *os resíduos resultantes da interação do fluido de corte com o metal usinado* podem ter efeito negativo no sistema de purificação do fluido de corte levando a uma queda de eficiência do mesmo.

A remoção dos resíduos sólidos acima citados pode ser efetuada utilizando-se sistemas de purificação de fluidos de corte, individuais ou centralizados podendo-se utilizar os seguintes processos de separação: *decantação ou escumação e filtração positiva*.

5.2 Descarte de fluidos de corte integrais

Os óleos integrais podem ser vendidos para nova refinação ou podem ser regenerados pelo próprio usuário, pelo fabricante de fluido ou por uma companhia especializada.

O óleo integral pode ainda ser queimado em caldeira, desde que permitido em legislação e estando o mesmo seco e isento de impurezas, apresentando baixa concentração de enxofre e não contenha cloro.

5.3 Descarte de fluidos de corte solúveis em água

As emulsões e soluções não podem ser simplesmente descartadas no sistema de esgoto, havendo a necessidade da separação do óleo da água (no caso de emulsões) e demais produtos químicos da água (no caso de soluções) antes do descarte. O tratamento químico principal consiste na adição de ácidos para abaixar o pH e de sais metálicos (sulfato de alumínio, cloreto de ferro, sulfato ferroso) para formar sabões insolúveis, levando a quebra da emulsão. A fase aquosa resultante da separação do óleo, após sua neutralização deve estar de acordo com a legislação vigente para o seu despojamento. A fase oleosa separada é removida, sendo esta tratada como um fluido integral. A borra produzida deve ser despojada de maneira aprovada conforme a legislação.

Os processos de descarte de emulsões podem ser divididos em processos químicos e físicos. Combinações dos dois processos também são possíveis. A seleção dos processos depende do estado das emulsões, de sua composição, das condições locais, da legislação vigente e do custo de cada processo. Todos os processos tem os seguintes estágios comuns: quebra da emulsão, separação do óleo e tratamento da água separada.

Os processos físicos mais utilizados na separação de emulsões são a *ultrafiltração e a quebra térmica*. Na ultrafiltração, a emulsão circula através de permeadores, os quais possuem membranas tubulares cujos poros controlados impedem a passagem das moléculas de óleo, efetuando a quebra da emulsão. Na quebra térmica, a separação da fase oleosa e aquosa dá-se por intermédio do aquecimento da emulsão e, conseqüente, evaporação da fase aquosa.

Nos processos químicos adicionam-se sais para quebrar as emulsões pela degradação dos emulgadores. A reação química pode ser reforçada pela adição de sais metálicos. O óleo demulgado é retirado da superfície do fluido no reservatório de tratamento de emulsão. Como exemplo tem-se o processo de quebra ácida com adsorção a frio. *Nos processos físico-químicos*, (quebra ácida com adsorção a quente sem ou com estágio de separação mecânica) a reação química é reforçada pelo aquecimento da emulsão. A emulsão pré-quebrada é separada em óleo e água em coluna de separação ou em separadores. A água separada é neutralizada, ocorrendo a precipitação dos sais usados para a quebra da emulsão em forma de hidróxidos metálicos que adsorvem o óleo remanescente na água. A borra formada deve ser desidratada antes do descarte. Separa-se a água por meio de separadores de óleo ou filtros.

Quanto a presença de solúveis em éter de petróleo e sulfato na água a ser descartada, os processos de quebra térmica são os mais eficientes, permitindo o descarte direto da água; não havendo a produção de sais ou borras. Nos processos de quebra ácida, a seleção e a dosagem

corretas dos produtos químicos usados permitem reduzir os materiais solúveis em éter de petróleo na água, porém não sendo possível reduzir de maneira satisfatória o teor de sulfatos. Ainda nestes processos, os teores de matérias estranhas no óleo são elevados; as borras tem que ser descartadas em depósitos especiais ou queimadas em instalações especiais. O óleo separado nos processos por quebra térmica contém apenas pequenas quantidades de resíduos, o que permite sua utilização em processos de refinação.

Para cada tipo de emulsão a ser descartada aplicam-se parâmetros específicos quanto aos tipos e quantidades de produtos químicos a serem empregados nos processos de separação. A seleção do processo a ser adotado depende de uma análise econômica criteriosa, onde o volume de material a ser descartado é um fator preponderante.

Os *fluidos de corte sintéticos* ou *soluções* são constituídos de uma grande gama de produtos químicos. A maioria destes fluidos caracterizam-se pelas seguintes propriedades: alcalinidade (pH ente 7,8 e 10,2); rejeição de óleo; elevada carga orgânica, constituída de cadeias retas, de fácil degradação normal por bactérias inoculadas e por oxidação química; predominância de tensoativos aniônicos e não-iônicos.

Segundo Runge e Duarte (1990), os resultados de ensaios realizados indicam que os procedimentos convencionais de descarte podem ser usados para tratar os fluidos de corte aniônicos, conforme indicado na Fig. 1. Este sistema proporciona uma drástica redução dos valores de carbono total orgânico e demanda química de oxigênio.

Fluidos de corte sintéticos verdadeiros rejeitam óleo contaminante e eliminam o estágio de quebra dos sistemas usados no descarte de emulsões. Os projetos convencionais de tratamento são viáveis para este tipo de fluido de corte sintético.

Para o tratamento bem sucedido de fluidos de corte sintéticos através de sistemas convencionais de descarte é necessário compreender a química coloidal/tensoativa de cada fluido a ser descartado. Através da escolha correta do tipo e da dosagem adequada de coagulante polimérico, e tomando-se por base as faixas de pH encontradas, a taxa desejada das reações de precipitação pode ser controlada e os ajustes adequados poderão ser feitos para colocar a água efluente nos padrões necessários. O esquema para tratamento de fluidos de corte baseados em tensoativos não-iônicos distingue-se do apresentado na Fig. 1 somente quanto ao tipo de floculante polimérico.

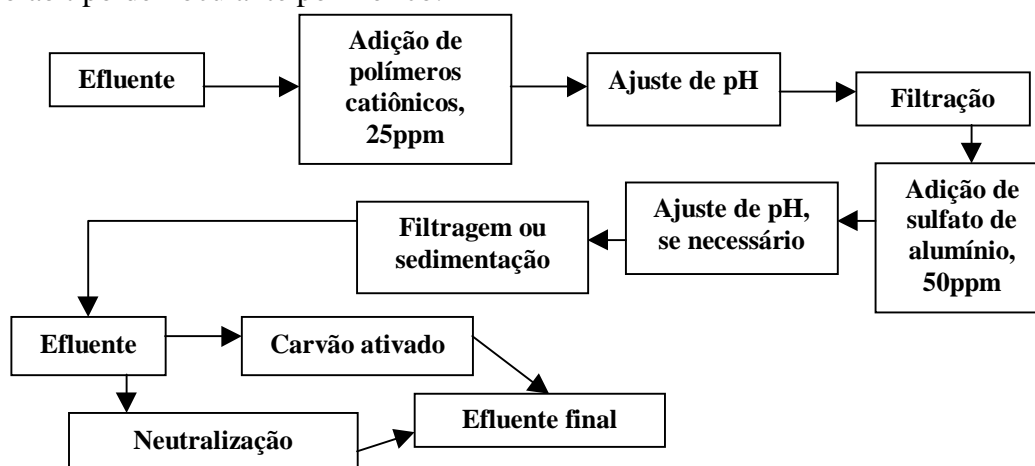


Figura 1- Esquema para descarte de fluidos de corte sintéticos aniônicos (Runge e Duarte, 1990)

6. TENDÊNCIAS ATUAIS QUANTO A UTILIZAÇÃO DE FLUIDOS DE CORTE

Comprovando a tendência de preocupação ambiental na utilização de máquinas-ferramenta, conforme relatado por Simon (1999), constata-se a grande ênfase dada à

tecnologia ambiental, ou seja, a preservação do meio ambiente no campo de abrangência da máquina-ferramenta, e a busca da conformidade com a norma ISO 14000. De uma forma mais específica, segundo Simon (1999), grande ênfase vem sendo dada a realização de um processo de usinagem não-agressiva ao meio ambiente, priorizando tecnologias relacionadas à usinagem a seco, usinagem com mínima quantidade de fluido de corte e usinagem com ar resfriado. Somam-se a este movimento os novos métodos para manuseio e tratamento dos cavacos que facilitam o descarte, recuperam o fluido de corte e reduzem a necessidade de espaço e a influência do calor na máquina e na peça.

Atualmente, existe uma tendência mundial, principalmente nos países europeus, de redução da utilização de óleos integrais devido ao elevado custo, mas principalmente pelos riscos que podem causar a saúde humana (Webster 1995). O uso de cloro em fluidos de corte vem encontrando restrições em alguns países, como na Alemanha, em virtude dos danos que os compostos clorados podem causar, quando do despojamento incorreto desses fluidos. Os solventes clorados tem fácil penetração no solo, podendo existir e acumular-se por um longo período e facilmente podem atingir o lençol freático para contaminá-los totalmente. O despejo de 1 kg de solvente clorado pode contaminar 40.000m³ de água. Na Alemanha existe uma legislação muito severa quanto ao descarte de hidrocarbonetos clorados. Segundo Runge e Duarte (1990), as parafinas cloradas, tal como usadas em fluidos de corte, estão incluídas. A concentração máxima permitida para descarte de óleos usados é de 0,5% de cloro total ou 50ppm de PCB. Acima destes valores, o material deve ser incinerado à temperaturas superiores a 1100°C para evitar a formação de dioxinas. A utilização dos óleos de corte integrais está limitada a operações de usinagem de metais de difícil usinabilidade, retificação de formas e nos casos onde os demais fluidos de corte não propiciam bons resultados.

7. CONCLUSÕES

Atualmente, não só o controle dos parâmetros usualmente monitorados em usinagem (condições de operação e tipo de ferramenta abrasiva utilizada) permitirão a otimização do processo. Devido a melhoria da qualidade dos fluidos de corte atualmente disponíveis no mercado, a utilização correta do fluido refrigerante pode reduzir significativamente os custos de produção de um determinado componente ou de um processo como um todo. Porém, esta utilização correta envolve uma série de fatores, os quais vão desde uma seleção criteriosa do fluido que melhor atenda os requisitos de qualidade exigido para as peças a serem produzida até os procedimentos de manutenção do fluido de corte durante o uso. Particularmente, estes procedimentos têm assumido um papel de extrema importância dentro dos custos totais de um processo de usinagem, pois além dos custos de aquisição, os custos de disposição de fluidos de corte cresceram substancialmente, devido a pressão dos órgãos ambientais. Os fluidos de corte já não podem mais ser descartados indiscriminadamente, sem antes estar assegurado que os mesmos não causarão danos ambientais quando de sua disposição, atendendo assim a legislação vigente de controle ambiental. Portanto, torna-se necessário assegurar a vida útil do fluido de corte através do controle dos fatores que afetam a sua estabilidade, evitando assim sua disposição prematura. À medida que as formulações de fluidos de corte solúveis tornam-se mais sofisticadas, será cada vez mais necessário que o futuro usuário, antes de usar o fluido de corte, investigue cuidadosamente a maior ou menor facilidade de descarte do mesmo.

Agradecimentos

Manifestamos nossos agradecimentos à **FAPESP** (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro e pela Bolsa de Mestrado concedida para a realização deste trabalho, e as seguintes empresas: **TRW, Houghton Brasil Ltda., Master**

Diamond Ferramentas Ltda./ Micro Abrasivos Brasil Ltda. e Saint-Gobain Abrasives, as quais também tem contribuído com suportes técnico-financeiro.

REFERÊNCIAS

- ASM International Handbook Committee, 1991, Metals Handbook, 6a edição, Cap. 27 p. 14-20.
- Guo, C.; Malkin, S., 1992, "Analysis of fluid through grinding zone". ASME Journal of Engineering for Industry, Vol. 114, pp427-434.
- Hitchiner, M. P., 1990, "Precision Grinding Systems for Production Grinding with Vitrified CNB" SME Technical Paper MR90-507, p 1-11.
- Kovacevic, R; Mohan R., 1995, "Effect of high speed grinding fluid on surface grinding performance" SME Technical paper MR95-213, p. 919-931.
- Mayer, J. E. e Fang G. P., 1993, "Diamond grinding of silicon nitride ceramic". Machining of advanced ceramics Conf. NIST, p. 171-183.
- Jahanmir, S., Strakna T. J. et al, 1993, "Effect of grinding on strenght and surface integrity of silicon nitride. Machining of advanced ceramics Conf. NIST, p. 263-277.
- Malkin, S., 1989, "Grinding Mechanisms" e "Grinding Temperatures and Thermal Damage", In: MALKIN, S. Grinding Technology: theory and applications of machining with abrasives. 1.ed. Chichester, Ellis Horwood Limited. Cap. 5 e 6, p.108 a 171.
- Motta, M. F. e Machado A. R., 1995, "Fluidos de corte: tipos, funções ,seleção, métodos de aplicação e manutenção". Revista Máquinas e Metais, p. 44-56.
- Runge, P. R. F. e Duarte, G. N., 1990, "Lubrificantes nas indústrias – Produção, manutenção e controle" Triboconcept – Edições Técnicas, p. 71-171
- Simon, T. A., 1999, "O estágio atual da tecnologia das máquinas-ferramentas" Revista Máquinas e Metais, p. 88-108.
- Tonshoff, H. K., Hever, W., 1990, "Creep feed grinding of hardened steels using vitreous bonded CBN wheels". Proc. Of the first international conf. of new manufacturing technology, Chiba, Japan, p. 275-279.
- Torrance, A. A. "Cooling and Metalurgic Effects" University of Bristol, Inglaterra, p. 1-5
- Webster, John, 1995, "Selection of coolant type and application technique in grinding". Supergrind, p. 205-218.

THE DESCRIPTION OF THE STANDART PROCEDURES OF SELECTION, APLYNANCE, MAINTANCE AND DISPOSAL FOR DIFFERENT TYPES OF CUTTING FLUIDS USED IN GRINDING

Abstract. *This paper presents a review of the basic procedures to the right selection, use, management and disposal of different types of cutting fluids used in the grinding. The benefits resulting from the correct use and management of them are also presented. In order to the new global trends and requirements of the ISO 14,000, this paper comments which cutting fluids and additives had their use prohibited in many countries, due to the wizards that they could cause to the human health and to the environment. Finally, according to the environment protection rules it is presented the standard procedures for the disposal of different types of cutting fluids and how the management techniques can reduce final disposal costs of them.*

Key words: *Cutting fluids, Management, Disposal, Grinding*