



II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
II NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
12 a 16 de Agosto de 2002 - João Pessoa – PB

FLUIDOS DE CORTE: TENDÊNCIAS, UTILIZAÇÃO E ASPECTOS ECOLÓGICOS

Carlos Alberto Domingos Ramos

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Campus IV, av. Amazonas 807,
CEP: 38180-000, Araxá, MG, Brasil.
E-mail: cadram@mecanica.ufu.br

Eder Silva Costa

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Campus V, rua Monte Santo 319,
CEP: 35502-036, Divinópolis, MG, Brasil.
E-mail: escosta@mecanica.ufu.br

Álison Rocha Machado

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, av. João Naves de Ávila
2160, Campus Santa Mônica, Bloco 1M, CEP: 38400-902, Uberlândia, MG, Brasil.
E-mail: alisonm@mecanica.ufu.br

***Resumo.** Dentre os processos de manufatura do setor metal mecânica, a usinagem se destaca tanto no volume de participação quanto no volume de emissão de materiais residuais. Os fluidos utilizados por este processo de fabricação mecânica representam seguramente uma parcela significativa destes resíduos emitidos. Estes fluidos apresentam-se como recursos de melhorias do processo. No entanto, como é largamente conhecido, durante o uso e após o descarte, estes fluidos quase sempre promovem agressões diretas ao homem e ao meio ambiente. Neste contexto, melhores e rigorosos controles de utilização e descarte, novos métodos e técnicas de substituição e aplicação destes fluidos emergem no cenário da indústria de produção. Este trabalho discute a utilização dos fluidos de corte nos processos de usinagem convencional, suas diversas tendências e seus aspectos ecológicos, além das vantagens e limitações relativas. Nele são abordados alguns caminhos analisados pela comunidade científica para enfrentar os problemas ecológicos gerados. Discorrer-se-á também sobre as perspectivas de emprego de técnicas alternativas.*

***Palavras-chave:** Fluidos de Corte, Aspectos Ecológicos, Usinagem.*

1. INTRODUÇÃO

Várias operações de corte têm sua eficiência melhorada utilizando os fluidos de corte, com significativo aumento da produtividade e da qualidade das peças fabricadas. Seus efeitos nas operações de fabricação dependem, além dos parâmetros relativos às condições de usinagem, de suas características próprias e quantidades utilizadas. Recentemente estes efeitos e eficiência estão sendo intensamente avaliados também pelo aspecto do impacto ambiental causado na sua utilização, visto que, entre os vários fatores positivos ao processo, estes fluidos se apresentam como um dos principais agentes nocivos ao homem e ao meio ambiente. Por essa razão grandes esforços estão sendo concentrados no sentido de reduzir e/ou eliminar esta fonte de agressão. O desenvolvimento de formas alternativas não-nocivas de produção, passa a ser de fundamental importância para a humanidade, uma vez que este procedimento ajudará a conter os atuais níveis de poluição mundial. Alternativas tecnológicas tem sido experimentado com a finalidade de otimizar o desempenho

destes fluidos, de reduzir sua influência negativa.

Morawska et al (1995), ao analisarem dados de pesquisa científica no campo da ecologia, concluíram que a maioria dos problemas de poluição são provenientes aos descuidos tecnológicos, problemas não resolvidos do processo de fabricação e conduta humana. Em muitos casos, conforme analisa Soković e Mijanovic (2001), os processos de fabricação atuais não são adequadamente limpos e produzem substâncias que poluem o ar, água e solo. Através da figura 1 pode-se observar esquematicamente o sistema onde os fatores de entrada, tais como, material, energia e trabalho geram, através dos processos de fabricação, os resíduos poluentes.

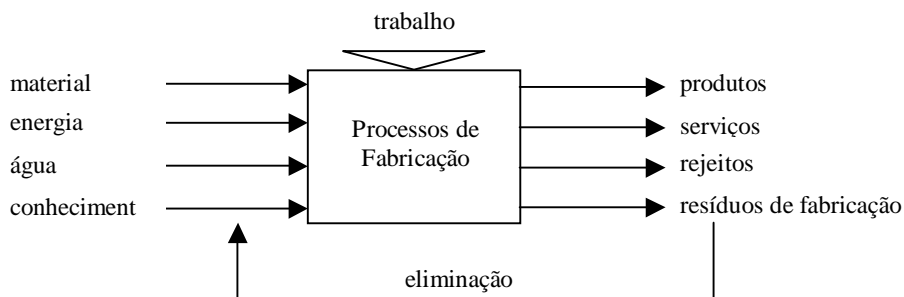


Figura 1. Processo de fabricação na poluição do meio ambiente (Soković e Mijanovic, 2001)

Através da fig.1 pode-se observar que os resíduos agressivos ao meio ambiente são gerados juntamente com os produtos do sistema e suas características são diretamente influenciadas pelos processos de fabricação em questão. Neste caso, além dos fluidos descartados estão outros materiais residuais resultante do processo de produção como odor, aerossóis, fumaça, névoa, vapores indesejáveis, refugo, cavaco ou lodo e produtos químicos de reações gerados durante o trabalho. No estudo de soluções e caminhos para melhoria da utilização e aplicação ecologicamente corretas dos fluidos nos processos de fabricação, além do desenvolvimento de técnicas e metodologia próprias, é essencial o conhecimento profundo das variáveis do sistema de manufatura e das soluções alternativas já assimiladas ao enfrentar tais problemas, visto que soluções técnicas viáveis ocorrem na maioria dos casos.

Em cada processo de fabricação em especial (fig.1), o conjunto formado pelas ferramentas, máquinas e periféricos, necessitam de um estudo de caso específico, visando alcançar o melhor desempenho possível. Neste caso, como aborda Hummel (2001), “essas soluções dependem da aceitação e do interesse dos operadores das máquinas e dos engenheiros de processo. Sem o auxílio desses, novos testes sempre deveriam estar sendo refeitos, o que atrasaria o processo de otimização e de aquisição de dados necessários para dar apoio às pesquisas”.

Este trabalho discute alguns caminhos analisados pela comunidade científica para enfrentar tais problemas nos processos de fabricação convencionais, e desta forma gerar subsídios para melhoria da aplicação dos fluidos. Entre as alternativas utilizadas estão: o controle de elementos nocivos adicionados aos fluidos; o desenvolvimento de novos fluidos “amigos” do homem e do ambiente, visando sua substituição; o desenvolvimento de técnicas alternativas visando reduzir a quantidade de emissão dos fluidos; o manuseio adequado; e quando possível, sua eliminação.

2. APLICAÇÃO E MÉTODO

Segundo Sreejith e Ngoi (2000), os lubrificantes e refrigerantes usados no corte representam até 20% do custo de fabricação. Assim sendo, o uso exagerado destes fluidos deverá ser analisado, método conveniente de aplicação deverão ser observados, formas adequadas de utilização deverão ser empregadas e sua reciclagem incentivada. Por desconhecerem técnicas de aplicação e manuseio, muitas indústrias ainda aplicam excessivamente fluidos de corte quando seu uso poderia ser reduzido ou mesmo eliminado. Em um trabalho onde discutem as diversas tendências modernas de utilização de fluidos de corte nos processos de usinagem, Sales et al (2001) salientam que, “ao

aplicar um fluido de corte, o mesmo pode proporcionar vantagens, não interferir ou prejudicar, dependendo do processo, das condições de corte, do material da peça e da ferramenta”. As aplicações onde o fluido apresenta vantagens são:

- usinagem com ferramentas com baixa resistência ao cisalhamento, como aço-rápido - aqui o fluido de corte garante a resistência da ferramenta reduzindo a temperatura de sua superfície;
- em operações onde o acabamento superficial e/ou tolerâncias dimensionais são críticos – neste caso os fluidos de corte tem a função de lubrificante e refrigerante, garantindo respectivamente, bom acabamento superficial e tolerâncias dimensionais apertadas;
- na furação de materiais que produzem cavacos descontínuos – neste caso os fluidos de corte tem a função de transportador de cavacos;
- o corte contínuo com ferramentas de metal duro – neste caso o fluido de corte pode garantir economia ao processo, cada caso apresenta a melhor escolha para a maior vida da ferramenta.

Em termos de vida da ferramenta e resguardado algumas exceções, existem algumas aplicações em que o fluido não contribui ou muito pouco para aumentar a eficiência do processo, são eles, a usinagem de ferro fundido cinzento (exceto furação profunda), o corte do magnésio e alumínio, e dependendo da consistência e abrasividade, a usinagem de plásticos e resinas. Ainda segundo Sales et al (2001), existem exemplos clássicos onde a aplicação do fluido prejudica o processo, são eles:

- usinagem com ferramentas cerâmicas, pois o fluido pode promover choques térmicos com eventual fratura das ferramentas. Com exceção de cerâmicas a base de Si_3N_4 e as “Whiskers”, que possuem tenacidade e resistência ao choque térmico superiores;
- usinagem com corte interrompido, com ferramentas de metal duro, onde o principal tipo de desgaste são os sulcos de origem térmica;
- usinagem de materiais endurecidos (normalmente acima de 30HRC) – neste caso devido o amolecimento do material, promovido pela geração de calor no processo de deformação plástica é fundamental para se conseguir a usinagem e o fluido pode trabalhar no sentido de impedir este amolecimento. Aqui a exceção a ser resguardada e apresentada em um recente trabalho publicado por Teixeira Filho et al (2001), é quando se exige da peça melhor desempenho referente aos desvios de circularidade. A alternativa sugerida ao torneiar um aço ABNT 52100 endurecido é utilizar a mínima lubrificação, veja os resultados na fig. (2).

Desvio de circularidade- Aço ABNT 52100 - 60HRC - $f=0,08$ mm - $a_p= 0,3$ mm -
 $V_c=175$ m/min – Ferramenta SNGA 120408S01020 – PCBN - $\chi_r= 45^\circ$, $\gamma_o = -8^\circ$; $\lambda_o = 0^\circ$

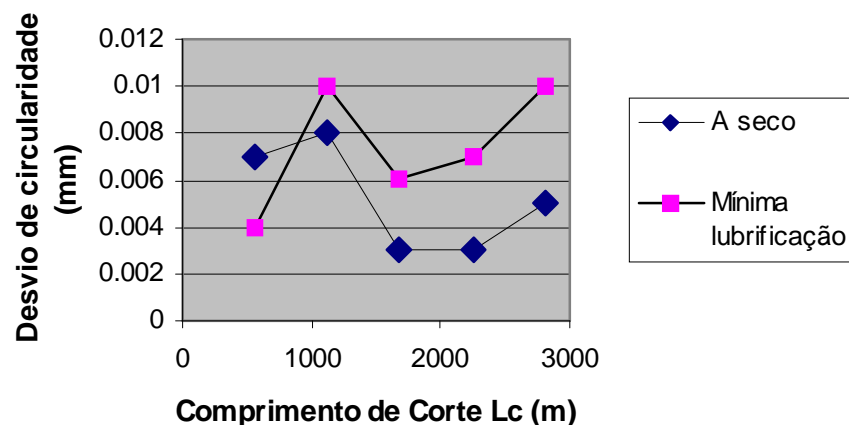


Figura 2. Desvios de circularidade para as condições a seco e com MQF, $V_c=175$ m/min (Teixeira Filho et al , 2001).

Todavia, nos casos onde os fluidos de corte não são geralmente aplicados, a fumaça e as partículas geradas devem ser direcionadas para fora do sistema e tratadas.

3. MANUSEIO, RECICLAGEM E DESCARTE

De acordo com Momper (2000), os elevados valores despendidos com remoção e descarte transformaram os fluidos de corte em um componente de custos equivalente a até 400% dos gastos feitos com ferramentas. A reciclagem e a decomposição dos fluidos de corte podem ser consideradas fatores ecológicos naturais de proteção ao ambiente e ao homem. O bom manuseio, cuidados na preparação, no uso e na manutenção dos fluidos, além da melhoria de sua vida útil, são considerados também fatores de significativa influência ecológica, e devem ser implantados. Baradie (1996), em um trabalho dedicado a esta questão, afirma que em um sistema fechado para reciclagem de fluidos, algumas perdas seriam inevitáveis, mas, 90% de recuperação, não é incomum. Ressalta ainda que a reciclagem de fluidos pode ajudar nos problemas de resíduos de fabricação, a reduzir os custos e minimizar os problemas de poluição. A filtração periódica durante o uso para a remoção de partículas grosseiras e pequenos cavacos, para posterior refundição, aumentam a vida útil destes fluidos.

Manutenção. Durante o uso, mudanças organizacionais ou medidas adaptáveis do tipo encapsulamento de máquinas, sistemas de filtragem, suprimento centralizado de fluido refrigerante, podem ser adotadas para várias aplicações, reduzindo o risco de contato direto no local de trabalho. A utilização correta do fluido refrigerante pode reduzir significativamente os custos de um processo, bem como problemas ambientais gerados. No caso de 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 possam levar à formação de compostos insolúveis.

De acordo com Cholakov et al (1999), o fluido de corte solúvel em água tem essencialmente a habilidade refrigerante da própria água. Quando comparados aos fluidos a base de óleo, os solúveis oferecem certas vantagens, como baixo custo, simples manuseio (facilidade de bombeamento) e menor risco à saúde (problemas dermatológicos e de inalação), etc. Entretanto, o uso dos fluidos a base de água apresenta outros problemas, tais como deterioração por microorganismo e a necessidade de componentes biodegradável, corrosão acelerada, pobre compatibilidade com materiais de vedação e tintas. Neste caso, conforme Silva et al (2000), a contaminação por bactérias anaeróbias e aeróbias resultam em redução do pH, irritação na pele, corrosão e mau cheiro, podendo levar a quebra da emulsão, com a formação de camadas de óleo em suspensão. A remoção da camada de óleo em suspensão impede a proliferação de bactérias anaeróbicas responsáveis pelo mau cheiro característico.

O valor de pH dos fluidos é um forte indicativo do nível de ataque das suas propriedades anticorrosivas, pois além do consumo de emulgadores e agentes anticorrosivos, as bactérias geram subprodutos ácidos, resultantes de seu metabolismo, e reduz o pH da emulsão e a proteção anticorrosiva. Portanto é prudente realizar o controle de pH diariamente. Para impedir a proliferação bacteriana, o pH adequado das emulsões deve estar entre 9 e 10,5. O controle com biocidas deve ser feito quando for detectado alguma degradação. Se o pH diminui a níveis inadequados, há necessidade da adição de materiais que provoquem a sua elevação e de materiais anticorrosivos. Em caso de infecção bacteriana, devem ser adotados procedimentos de limpeza padronizados antes, durante e após aplicar nova carga de fluido de corte, através da utilização de biocidas e produtos adequados de limpeza indicados pelo fabricante.

Reciclagem e Descarte. Após o seu uso, os fluidos de corte podem ser reciclados ou descartados internamente, pela própria empresa, ou através de uma companhia de serviços especializada em reciclagem. Conforme Sahn (1996), os custos de um tratamento interno se torna, comparativamente, mais vantajoso, principalmente quando o lubrificante separável da água pode ser reciclado. Ao desfazer dos resíduos e rejeitos, estes não poderão ser lançados diretamente no ambiente. Deverão ser tratados convenientemente e, dependendo do modo e qualidade do tratamento, o resultado pode ser a eliminação dos resíduos ou um aumento da poluição destes no ar e na água.

Conforme Silva et al (2000), o óleo integral pode ainda ser queimado em caldeira, desde que permitido em legislação, devendo o mesmo estar isento de impureza, com baixa concentração de enxofre e sem cloro. Quanto aos fluidos de corte solúveis em água, é necessário separar o óleo da água (no caso de emulsões) e dos demais produtos químicos da água (no caso de soluções) antes do descarte. Veja o fluxograma na fig. (3), a fase oleosa separada da emulsão é removida e tratada como um fluido integral.

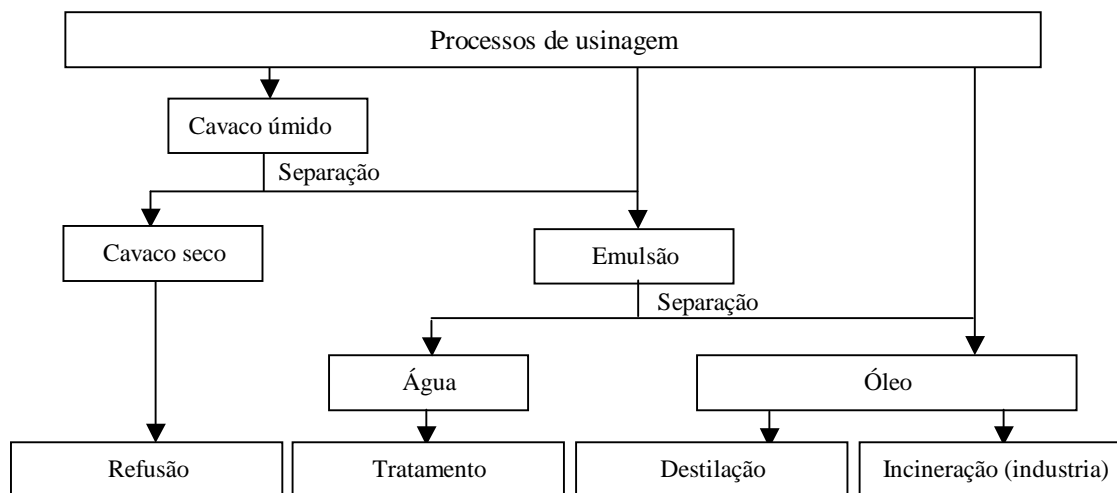


Figura 3. Remoção dos fluidos de corte nos processos de usinagem.

A borra produzida deve ser descartada de maneira correta conforme norma em legislação. No caso de emulsões, as seguintes etapas devem ser obedecidas: quebra da emulsão, separação do óleo e tratamento da água. A separação da emulsão ocorre fisicamente, via ultrafiltração e quebra térmica e quimicamente adicionando-se sais (sulfato de alumínio, cloreto de ferro, sulfato ferroso) para formar sabões insolúveis e quebrar a 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.

Atualmente existe certa tendência em evitar conteúdos problemáticos dos refrigerantes, tais como, compostos de cloro, parafina, formaldeídos, nitretos, metais pesados e outras substâncias nocivas. Substâncias perigosas, poluentes da água, como também resíduos, devem ser evitados ou, pelo menos, ter seus volumes reduzidos ao mínimo.

4. ESTABELECEER PADRÕES

Sempre que possível, estabelecer padrões na utilização dos fluidos pode evitar gastos desnecessários. Isto pode ser feito em todas as etapas (compra, mistura, uso, manutenção e descarte) de manuseio e utilização. Um exemplo é estabelecer o fim do efeito (refrigerante/lubrificante) do fluido na vida da ferramenta de corte. É necessário conhecer quando o seu desempenho está abaixo do nível ótimo. Este desempenho deve ser baseado, no mínimo, em duas funções primárias de um fluido refrigerante: sua habilidade de refrigerar a ferramenta e a peça, e a sua habilidade de reduzir a fricção. Estas habilidades decrescem ao ponto onde o fluido não faz seu trabalho completo e então deve livrar-se dele. O ponto de descarte deve ser baseado na padronização estabelecida. Mas testes de desempenho para as diversas operações de corte (fresamento, torneamento, etc) consomem muito tempo, são muitas vezes inconsistentes e caros. Nos Estados Unidos, comitês como a OSHA (Occupational Safety and Health Administration) e a EPA (Environmental Protection Agency) tem trabalhado nesta padronização. Uma boa referência disponível é o “guia de prevenção de poluição no uso de fluidos de corte” (www.iams.org/pdf/greenfluids_manual.PDF).

Entretanto, Davidian (2001) recomenda que cada oficina faça a sua própria padronização determinando quais características de desempenho é necessário ao fluido de corte que vai utilizar.

5. SUBSTITUIÇÃO DE MÉTODOS PROBLEMÁTICOS

O desenvolvimento e a introdução de novas tecnologias em substituição às tecnologias clássicas podem melhorar o impacto ambiental dos fluidos na linha de produção. Neste caso, é essencial que os procedimentos convencionais sejam substituídos por métodos inovadores.

O corte com mínima quantidade de fluido (MQF), o corte completamente sem fluido (usinagem a seco), o corte com os chamados fluidos ambientalmente amigos (ar, mistura polimérica fluida, fluidos biodegradáveis, etc), são algumas alternativas que têm sido estudadas em substituição aos métodos tradicionais de lubrificação. Outros exemplos de técnicas alternativas são: usinagem a Laser e de Precisão em substituição ao corte e à retificação respectivamente.

5.1 USINAGEM DE PRECISÃO DE MATERIAIS ENDURECIDOS

Uma abordagem com vistas a mudança de paradigma é solucionar o problema livrando-se da causa da necessidade do uso do fluido. Muitas vezes os métodos convencionais de aplicação dos fluidos não tem alcançado boa eficácia em algumas operações de usinagem, especialmente sob condições de aplicação severas. Como exemplo, na retificação é necessário o fluido vencer a força centrífuga do rebolo e penetrar na barreira de ar que circunda esta ferramenta devido ao seu movimento de rotação. Neste caso, esta falta de eficiência trás como conseqüências o desgaste prematuro da ferramenta, aumentando o número de afiações (dressagem ou perfilamento) durante uma operação de retificação (Ebbrell et al, 2000). Sem contar que nestas operações, grande consumo de tempo e dinheiro é despendido com descarte de fluidos refrigerantes, lodo de retificação ou produtos químicos de limpeza. Em alguns casos, uma possibilidade é a substituição da operação de retificação pelo torneamento de materiais endurecidos (dureza >45HRC). Como vantagens pode-se citar: maior produtividade, menor custo das ferramentas, baixo consumo de energia por volume de material usinado, redução dos tempos de preparação e troca de ferramentas, máquinas-ferramentas mais simples e de menor custo, etc. (Klocke et al, 1997). Outra solução sugerida por König (1998), é a substituição pelo torneamento de alta precisão, um método que permite gerar componentes com precisão dimensional na faixa de microns e baixa rugosidade.

5.2 USINAGEM SEM O USO DO FLUIDO DE CORTE

Como os problemas econômicos e ecológicos tornaram os fluidos de corte um item cada vez mais indesejável, a usinagem sem o uso do fluido de corte está se tornando cada vez mais popular em aplicações em que o seu uso não é necessário ou de difícil aplicação.

As vantagens econômicas para a renúncia aos fluidos de corte ficam evidentes ao se levar em conta os custos de aquisição, manutenção, armazenamento e eliminação dos fluidos, bem como os riscos ambientais existentes. Outro aspecto positivo é a redução do choque térmico, além da redução das trincas e dos lascamentos, principalmente no corte interrompido (Klocke et al, 1997).

Decorrente das funções que deixam de ser executadas devido à supressão dos fluidos de corte, a conversão e o uso deste tipo de usinagem estabelece novas exigências em relação aos seus fatores influentes. A figura 4 apresenta os principais fatores que precisam ser adequadamente adaptados.

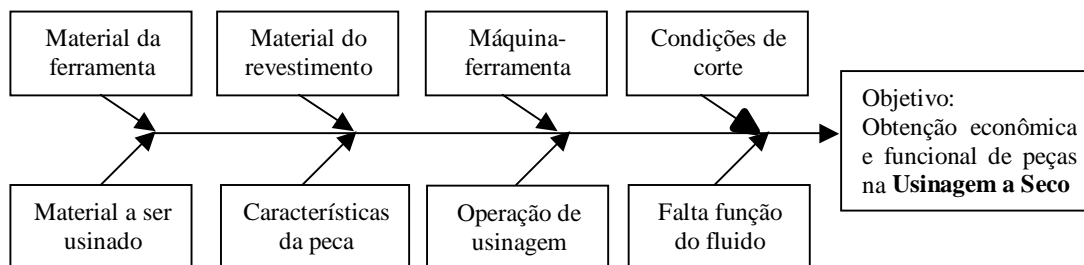


Figura 4. Fatores influentes na usinagem a seco (adaptado de Klocke et al, 1997)

Desta forma, deve-se observar uma seleção correta do material de trabalho, uma boa adaptação das especificações de corte e principalmente das ferramentas utilizadas.

Ferramenta de corte. Com relação a ferramenta de corte, os contínuos desenvolvimentos nesta área mostraram que a otimização da geometria e o revestimento das ferramentas proporcionam resultados especialmente promissores para a usinagem a seco. A camada de revestimento reduz o coeficiente de atrito na zona de contato, reduzindo as forças decorrentes da fricção e a geração de calor, e ajuda a evitar ou diminuir a tendência à aderência dos cavacos. Além disso, a camada de revestimento atua isolando termicamente o substrato da ferramenta. A escolha da camada ótima depende muito do material a ser usinado e do processo de usinagem.

De acordo com Schulz (2000), durante a usinagem sob alta velocidade e a seco, as temperaturas podem atingir 600°C ou mais na zona de contato entre o cavaco e a ferramenta. Sob tais condições extremas, os revestimentos TiN e TiCN, amplamente utilizados, não são mais suficientes para atingir os objetivos, veja Tab. (1).

Tabela 1. Propriedades dos revestimentos (Schulz, 2000).

Tipo	Espessura típica (µm)	Microdureza HV 0,05	Resistência à oxidação (°C)	Coeficiente de atrito
TiN	1 a 5	2.100 a 2.600	até 450	0,4
TiCN	1 a 5	2.800 a 3.200	até 350	0,25 a 0,4
TiAlN	1 a 5	2.600 a 3.000	até 700	0,3 a 0,4
TiAlCrYn	1 a 5	2600 a 3.000	até 950	0,3 a 0,4

Neste caso, de acordo com Momper (2000), graças à sua alta dureza sob temperaturas elevadas e à sua resistência à oxidação, a camada de TiAlN é mais adequada. O TiCN, por outro lado, só apresenta igual dureza sob temperaturas relativamente baixas mas, em compensação, tem maior tenacidade. Uma aplicação para este revestimento, segundo Schulz (2000), seria a usinagem a seco de furos rosqueados, por exemplo. Hummel (2001) afirma que as camadas de lubrificação a seco são possíveis, pois elas reduzem claramente o atrito sobre a superfície da ferramenta e evitam a soldagem de material. Com camadas de lubrificação a seco em formação dupla (camada de material duro em combinação com uma camada macia; exemplo: MoS₂) combina as vantagens de uma alta resistência ao desgaste com um baixo coeficiente de atrito.

Momper (2000), verificou que no torneamento de aço para beneficiamento 42CrMoV4, com a utilização de um metal duro revestido de Al₂O₃, elevando a velocidade de corte e/ou avanços, o torneamento com fluido pode ser substituído pela usinagem a seco, com prejuízo mínimo para a vida da ferramenta. Nesta aplicação, a boa estabilidade química é responsável pela resistência ao desgaste da ferramenta. A camada de Al₂O₃ funciona como isolante térmico, facilitando a irradiação de calor através dos cavacos e protegendo o substrato contra sobrecarga térmica.

Segundo este autor, os Cermets estão predestinados para trabalhos a seco. Estes materiais com textura otimizada e propriedades físicas melhoradas, apresentam maior tenacidade e resistência às deformações plásticas sob altas temperaturas e resistência a fadiga substancialmente maior quando submetidos a esforços cíclicos alternados. De maneira geral, durante o uso de qualquer ferramenta, as especificações de parâmetros do processo para a vida útil ótima devem ser utilizadas.

Material a ser trabalhado. Com relação ao material a ser usinado, segundo Mason a maioria dos aços são adequados para a usinagem sem refrigerantes. Uma área limite é os materiais duros, que causam maior desgaste e onde são geradas temperaturas de corte extremamente elevadas. De acordo com manual da Sandvik, o fresamento de ferro fundido sem refrigerante pode ser executado com geometria de pastilhas “Waveline” posi tivas e classe GC3020, que possui uma camada de Al₂O₃ para boa tenacidade e resistência ao desgaste. O fresamento do aço é melhor quando executado a seco, pois a aplicação do fluido na zona de corte resulta na geração de vapor com ação refrigerante desprezível. Além disso, há o desenvolvimento de choque térmico, conduzindo à fissura e a uma

vida mais curta da ferramenta. O fresamento de aços inoxidáveis (austeníticos ferríticos/martensíticos, duplex e endurecidos por precipitação) com ferramentas das classes GC2030 e GC2040 da Sandvik é adequada às operações a seco a altas velocidades de corte, e segundo este fornecedor estas ferramentas reduzem drasticamente a queima superficial, as arestas postizas e a má condução de calor que normalmente ocorrem na usinagem destes aços. Para o torneamento a seco de aço, a Sandvik sugere a classe GC4015, que promete ser 20% mais rápido que as versões anteriores e suporta aços de dureza até 58HRc. A partir daí, deve-se mudar para pastilhas de nitreto cúbico de boro.

No entanto, na condição de usinagem a seco não se verificam as funções primárias dos fluidos de corte, ou seja, refrigeração, lubrificação e transporte de cavacos. Decorrentes destas restrições, grandes prejuízos podem ser relacionados à: danos térmicos na peça e na ferramenta, aumento de atrito e das adesões, dificuldade na retirada de cavacos. Assim, em alguns processos de usinagem, a operação sem fluido de corte é impraticável, como na retificação (Ebbrell et al, 2000).

5.3 CORTE COM MÍNIMA QUANTIDADE DE FLUIDO

Embora diversos processos já permitam a substituição pela usinagem totalmente a seco, em muitos casos não é possível eliminar por completo os fluidos de corte. São os casos nos quais são imprescindíveis as funções restringidas pela renúncia aos fluidos. Estas restrições são as faltas das funções primária e secundária dos fluidos de corte, ou seja, refrigeração, lubrificação e transporte de cavacos. Nestes casos, grandes prejuízos são acarretados relativos à: danos térmicos na peça e na ferramenta, aumento de atrito e das adesões, e dificuldade na retirada de cavacos.

Além disso, a usinagem a seco exige uma adaptação compatível de todos os fatores influentes neste processo, tais como: propriedades exigidas para a peça (tolerâncias, rugosidade, etc.), operação de usinagem, condições de corte, material e geometria da ferramenta, etc. Em muitos processos não é possível de ser aplicado a usinagem a seco devido à atual concepção e desenvolvimento em que se encontram as ferramentas. Neste processo ocorrem também restrições quanto à exigência da qualidade da peça fabricada e a economia na vida da ferramenta.

Neste caso, a minimização do fluido de corte pode ser introduzido superando as limitações das operações a seco. Nesta técnica o fluido é aplicado em volumes muito baixos chegando a 10 ml/h a uma pressão de 4 a 6 Kgf/cm². Normalmente, eles são aplicados juntamente com um fluxo de ar (método da pulverização), e direcionados contra a saída do cavaco, ou entre a superfície de folga da ferramenta e a peça (Machado e da Silva, 2001). Esta pequena quantidade de fluido pode ser suficiente para reduzir o atrito no corte e diminuir a tendência à aderência. A usinagem com MQF apresenta como uma grande opção alternativa, fazendo um elo de ligação entre a usinagem com ausência completa do fluido de corte e o seu uso em abundância. De acordo com Hummes (2001), com esta técnica o cavaco é obtido quase seco, sem necessidade de tratamento antes da refusão.

Em diversos estudos de casos, a aplicação desta técnica tem alcançado bons resultados. Veja um bom exemplo onde devido a um estudo de Hummel (2001), desde 1996 a usinagem convencional na fábrica alemã de Dasa localizada na cidade de Augsburg, foi substituída pela técnica de mínima quantidade de lubrificante. Neste caso a vazão de óleo passou de 3.000 l/h para 20 ml/h, em uma operação de fresamento de cavidades estreitas e profundas em peças inteiriças de aeronaves em materiais constituídos de ligas forjadas de alumínio (AlZnMgCu). Bons resultados foram alcançados tanto com fluxo de fluido externo quanto internamente ao fuso. Porém, antes de ser aplicado esta técnica, foi necessário otimizar a geometria, o substrato e o revestimento da ferramenta. No entanto, com esta técnica, a fábrica tem produzido peças, com valores dentro da faixa usual de tolerância da garantia de qualidade da fábrica.

Sales et al (2001) alertam para o fato de que o corte com mínima quantidade de fluido (MQF) resolve boa parte do problema de descarte e reciclagem do óleo e do cavaco, porém esta opção é questionada quanto à relação custo/benefício e mesmo quanto à esperada vantagem no impacto ambiental. Isto porque o vapor, a névoa e a fumaça de óleo podem ser considerados sub-produtos indesejáveis, aumentando o poluente em suspensão no ar. Este problema pode ser reduzido

utilizando um bom sistema de exaustão, porém, o custo deste sistema somado ao do dispositivo de injeção da névoa pode tornar o processo oneroso. Além disso, na aplicação por névoa, o fluido é considerado sem retorno, isto é, com perda total. Mesmo nos mais baixos níveis de vazão, não se tem uma garantia que o consumo deste produto será inferior que no caso de produtos sintéticos com retorno via sistema de filtragem. Outro fator negativo no sistema MQF é que a linha de ar comprimido utilizada gera um nível elevado de ruído prejudicando a saúde e a comunicação durante a usinagem.

6. NOVOS FLUIDOS

Motohiko et al (2000), propuseram um novo conceito em fluido de corte. Trata-se de um tipo de fluido não combustível onde a água, o glicol e base polimérica (poliester feito por adição randômica de óxido etilénico e óxido propilénico, interno a um álcool polivalente) são os maiores componentes, e o óleo mineral é totalmente excluído. Os resultados encontrados por estes autores nos testes de corte em que tais fluidos foram comparados com os insolúveis comerciais, mostraram grande melhoria sob o ponto vista da lubrificação e prevenção na formação de névoa.

Soković e Mijanovic (2001), estudaram um novo fluido de corte semi-sintético chamado Teolin AIK que foi desenvolvido para substituir o óleo de corte com hidrocarbono clorinado (Kutel CSN 5) e concluiu que o principal fator na sua escolha é o efeito ecológico. Este novo fluido de corte tem as seguintes características:- boa solubilidade com água em todas proporções; - investigações da decomposição biológica mostraram que o Teolin AIK decompõe em produtos não nocivos; -é usado para usinagem do alumínio e outros metais não ferrosos em procedimento de usinagem específica.

7. COMENTÁRIOS FINAIS E PERSPECTIVAS

Melhorias na administração e manutenção dos fluidos de corte são medidas que podem ser imediatamente implantadas no setor de fabricação. Outras medidas como a substituição de métodos problemáticos, como também a redução de processos de geração de cavacos, já é possível em várias situações. Em muitos casos o uso do processo de usinagem com MQF ou mesmo a seco já é viável. Em outros, no entanto, os usos dos fluidos são essenciais. Em todos os casos, o melhor caminho encontra-se em uma boa adequação ao uso, adotando padronizações e metodologias próprias além dos melhores parâmetros de corte, buscando sempre uma usinagem limpa e provendo condições econômicas aceitáveis com alta confiabilidade.

8. REFERÊNCIAS

- Cholakov, G.S., Guest, T.L., Rowe, G.W.,1999, 'Lubricating Properties of Grinding Fluids: 1. Comparison of Fluids in Surface Grinding Experiments', Journal of The Society of Tribologists and Lubrication Engineers, volume 48, 2, 155-163.
- Davidian, S., 2001, 'Setting Standards: Industry Needs Metalworking-Fluid Standarts', Cutting Tool Engineering, September.
- Dias, A.P., Soares R.S., Schroeter R.B., Weingaertner W.L., Teixeira C.R., 2001, 'Aspectos Nocivos De Fluidos De Corte Utilizados Em Processos Convencionais De Usinagem', 1º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Curitiba, Paraná, Brasil.
- Ebbrel S., Woolley N.H., Tridimasy.D., Allanson D.R., Rowe W.B., 2000, 'The Effects Of Cutting Fluid Application Methods on The Grinding Process', International Journal of Manufacture, vol. 40 pag 209-223.
- El Baradie, M.A.,1996, 'Cutting Fluids: Part II. Recycling and Clean Machining', Journal of Materials Processing Techology, ed. 56, pags 198-806.
- Hummel, P.M., Lilla, A., Berky, E., 2001, 'A Usinagem do Alumínio Sem Fluido Refrigerante', Revista Maquinas e Metais, vol 421, pags 22-31.
- Klocke, F., Eisenblatter, G., 1997, 'Dry Cutting', Anais of the CIRP, vol.46, no 2, p. 519 -526.
- Konig, W., Rummenholler, S., 1998, 'As Indústrias Estão Tendo Que Orientar Ecologicamente Seus Processos', Revista Máquinas e Metais, vol387, pags 22-29.

- Li, M., Eda H., Imai, T., Nishimura, M., Kawasaki, T., Shimizu, J., Yamamoto, T., Zhou, L., 2000, "Development Of High Water-Content Cutting Fluids With a New Concept", Precision Engineering, volume 24, pags 231-236.
- Mason, F., "Usinando a seco...ou quase a seco", Revista Máquinas e Metais, vol.424, maio, pag 160.
- Momper, F. J., 2000, "Usinagem a seco e de materiais endurecidos", Revista Máquinas e Metais, vol.410, março, pags 30-37.
- Morawska, L., Banger N.D., Maroni M., 1995, "Indoor Air, Integrated Approach", Elsevier, Oxford.
- Sahm, D., Schneider, T., 1996, "A Produção Sem Refrigerante é Interessante e Deve Ser Conhecido", Revista Máquinas e Metais, no 367, Agosto, pags 38-55.
- Sales, W.F., Diniz, A.E., Machado, A.R., 2001, "Application of Cutting Fluids in Machining Processes" Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences, Vol XXIII, No 2, pp. 227-240.
- Schulz, H., Emrich, A. K., Finzer, T., Dorr, J., 2000, "Quais são e para que servem os revestimentos", Revista Máquinas e Metais, no 416, setembro/2000, pags 38-45.
- Silva, E. J., Bianchi, E.C., "Procedimentos- Padrão Para o Uso Correto de Fluidos de Corte", Revista Máquinas e Metais, no 410, Março/2000, pags 88-103.
- Sokovic, M., Mijanovic K., 2001, "Ecological Aspect Of Cutting And Its Influence On Quantifiable Parameters of The Cutting Process", Journal of Materials Processing Technology, vol. 109, pags 181 -189.
- Sreejith P.S., Ngoi B.K.A., 2000, "Dry Machining: Machining Of The Future", Journal Of Materials Processing Technology, pags 287-291.
- Teixeira, C.R., Schroeter, R.B., Weingaertner, W.L. 2001, "Aspectos Ecológicos nos Processos de Usinagem", <http://cimm.uol.br/curiosidades/cur10.h>
- Teixeira Filho, F., Ferreira, J.R., Diniz, A.E., 2001, "Characteristics Of The Minimum Lubrication Application When Turning Hard Steel – ABNT 52100", XVI Brazilian Congress Of Mechanical Engineering. Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

CUTTING FLUIDS: TENDENCIES, USE AND ECOLOGICAL ASPECTS

Carlos Alberto Domingos Ramos

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Campus IV, av. Amazonas 787, São Geraldo, CEP: 38180-000, Araxá, MG, Brasil.

E-mail: cadram@mecanica.ufu.br

Eder Silva Costa

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Campus V, rua Monte Santo 319, CEP: 35502-036, Divinópolis, MG, Brasil.

E-mail: escosta@mecanica.ufu.br

Álison Rocha Machado

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila 2160, Campus Santa Mônica, Bloco 1M, CEP: 38400-902, Uberlândia, MG, Brasil.

E-mail: alissonm@mecanica.ufu.br

Abstract. *Machining is one of the most important manufacturing processes and it produces great volume of residues. Cutting fluids can improve the process but they are also residues that strongly affect the environment and human health. Due to these facts more rigid and better control of fluid utilization are demanded on new techniques as dry cutting and minimization of cutting fluids are introduced into production lines of many industries. The present paper discusses many aspects related to cutting fluids: application, advantages, limitations and ecological aggression. Regarding to the latter the direction taken by the scientific community is highlighted. Alternative techniques are also considered.*

Keywords. *Cutting Fluids, Aspects Ecological, Machining.*