

Estudo e Desenvolvimento de Sistema de Refrigeração MQL (Mínima Quantidade de Lubrificante)

Autores

Guilherme Rodrigo Macagnani

Orientador

Milton Vieira Junior

Apoio Financeiro

Pibic

1. Introdução

Nos últimos anos, o consumo de energia, a poluição e os resíduos industriais têm despertado especial atenção por parte das autoridades públicas. O meio ambiente tornou-se um dos assuntos mais importantes dentro do contexto atual, pois sua deterioração implicará em danos para a população. Motivados pela pressão dos órgãos ambientais, os parlamentos têm elaborado leis cada vez mais rigorosas no sentido de proteger o meio ambiente e preservar os recursos energéticos. Todos esses fatores citados anteriormente têm influenciado as indústrias, centros de pesquisas e universidades a pesquisarem processos de produção alternativos, criando tecnologias que minimizem ou evitem a produção de resíduos que agridam o meio ambiente.

Até poucos anos atrás, as indústrias tinham como objetivo principal à fabricação de produtos visando somente satisfazer aspectos tecnológicos e econômicos. Atualmente, esse objetivo ganha o componente ambiental como destaque.

Em função dessas questões (econômicas, ambientais e trabalhistas) há no segmento industrial uma busca por alternativas que possam substituir o uso de fluidos de corte na usinagem dos metais (El Baradie, 1996; e Klocke e Eisenblätter, 1997). Dentre elas, destaca-se a usinagem sem fluido de corte e a técnica de Mínima Quantidade de Lubrificante (MQL) (SILVA et al., 2004).

Entre os aspectos positivos da usinagem sem fluido estão as diminuições do choque térmico, das trincas e dos lascamentos, principalmente no corte interrompido. Além disso, o cavaco obtido já está seco e pronto para ser vendido ou reciclado, ao contrário do cavaco molhado, que requer processamento e filtração (Klocke e Eisenblätter, 1997; e Klocke et al, 1998).

A técnica de MQL se baseia no princípio de utilização total do óleo de corte sem resíduos; ou seja, com baixo fluxo do fluido de corte que é aplicado a elevadas pressões. A função de lubrificação é assegurada pelo óleo e a de refrigeração, mesmo que pequena, pelo ar comprimido. Esta pequena quantidade de óleo é

suficiente para reduzir o atrito no corte, diminuindo a tendência à aderência em materiais com tais características (Klocke e Eisenblätter, 1997; Heisel et al, 1998; Klocke et al, 1998; Dörr, 1999).

Por outro lado, comparado com a utilização de fluidos de corte tradicionais, a técnica de MQL propicia custos adicionais para pressurizar o ar, por exemplo. Além disso, o vapor, a névoa e a fumaça de óleo gerados podem ser considerados subprodutos indesejáveis, necessitando de um bom sistema de exaustão nas máquinas. Na pulverização utiliza-se uma linha de ar comprimido que funciona intermitentemente durante o processo. Essas linhas de ar geram ruído que costuma ultrapassar os limites de tolerância admitidos pela legislação (Machado e Diniz, 2000).

Em virtude dos aspectos positivos e negativos relativos ao uso da usinagem sem fluido de corte ou da técnica de MQL, torna-se imprescindível o seu estudo.

2. Objetivos

O presente trabalho teve como objetivos:

-estudar e conhecer a técnica de refrigeração MQL, bem como suas aplicações nos processos de usinagem e as condições operacionais necessárias;

-conhecer, com observações práticas, o comportamento das operações de usinagem realizadas com MQL.

3. Desenvolvimento

Inicialmente, visando adquirir conhecimentos sobre os aspectos teóricos envolvidos, foram estudados os processos de usinagem e os tipos de refrigeração utilizados: refrigeração abundante, refrigeração MQL e sem refrigeração.

São exemplos de processos de usinagem:

Torneamento;

Furação;

Alargamento;

Rebaixamento;

Mandrillamento;

Fresamento;

Serramento;

Roscamento;

Retificação;

Etc.

No processo de retificação notou-se que os resultados diversos indicam que a técnica de MQL pode ser aplicada com eficiência no processo de retificação, reduziu razoavelmente a força tangencial de corte, permitiu a permanência das arestas de corte do rebolo por mais tempo antes de ocorrer à renovação das mesmas, e os resultados permitiram mostrar que o método e a quantidade de aplicação de fluido de corte são fatores que exercem influências no processo de retificação (Bianchi, 2004).

No processo de usinagem foi observado que o MQL foi responsável pelo aumento da vida das brocas em todos os grupos de revestimentos estudados, também houve uma redução na força tangencial de corte, possivelmente pela presença de lubrificante na periferia do rebolo proporcionando melhor deslizamento do grão na interface peça-rebolo, os valores do desgaste de flanco e do diâmetro do rebolo foram reduzidos significativamente com o emprego da técnica de MQL (Scandiffio, 2000).

No processo de roscamento com HST notou-se que com a pequena quantidade de óleo é suficiente para reduzir o atrito no corte, diminuindo a tendência à aderência em materiais com tais características, a técnica MQL apresentou, em geral, melhores resultados que a usinagem sem fluido de corte, principalmente na redução do torque (Bianchi, 2004).

Para que os ensaios pudessem ser realizados foi necessário desenvolver um programa de aquisição de dados e calibrar um dinamômetro que foi construído no LAM. O programa de aquisição foi desenvolvido em LabView e possibilita a captação da emissão acústica e a força de corte.

Um plano de ensaios foi então elaborado a fim de possibilitar a identificação do comportamento de diferentes processos de usinagem quando realizados com a refrigeração MQL. Esse plano previa a realização dos seguintes ensaios: (tabela)

Alguns ensaios foram realizados a fim de monitorar a Força e Emissão Acústica. Assim verificando que os dados obtidos no monitoramento da Força e da Emissão Acústica são confiáveis. Na próxima etapa de ensaios, será analisado junto com a Força e Emissão Acústica, o Desgaste Flanco, Rugosidade e Desbaste Externo.

A calibração do dinamômetro foi realizada estaticamente e dinamicamente das seguintes formas: para

efetuar o processo de calibração estática, foi utilizado um conjunto de pesos variando de 7,40 a 51,80 kgf, os pesos foram colocados em intervalos de 7,40 kgf, e esse procedimento foi repetido três vezes. Em seguida calculou-se a média dos três valores de tensão obtidos. Já a calibração dinâmica foi realizada no laboratório de Materiais utilizando uma máquina onde nela era aplicada uma força no dinamômetro. (foto)

Dando continuidade à pesquisa bibliográfica, procurou-se conhecer as possíveis aplicações que os sistemas de refrigeração MQL podem ter, visando identificar as formas mais usuais e as condições operacionais em que isso ocorrem.

4. Resultados

Braga et al. (2002), comparou o desempenho de uma operação de furação com refrigeração abundante em

relação à utilização da técnica de Mínima Quantidade de Lubrificação (10 ml/h de óleo em um fluxo de ar comprimido) perfurando ligas de alumínio (A356). O resultado desta pesquisa demonstrou que o desempenho do processo (em termos de força, vida da ferramenta e qualidade dos furos), quando usando mínima quantidade de lubrificação, era bem parecido ao obtido quando usado em lubrificação abundante.

Rahman et al. (2001) e Rahman et al. (2002), estudaram a quantia ideal de lubrificação com a técnica de mínima quantidade de lubrificação em um processo de fresamento. Com a quantia ideal estipulada, comparou-se com o processo de fresamento utilizando refrigeração abundante, analisando a força de corte, rugosidade da superfície usinada e a forma do cavaco. Os resultados deste estudo comprovaram a viabilidade (econômica e ambiental) da implementação desta técnica no processo de fresamento.

Braga (1999) apud Scandiffio: Scandiffio (2000), mostrou em seu trabalho que, em operação de furação de liga de alumínio-silício SAE-323 com broca de metal duro inteira K10 sem cobertura, a utilização da Técnica de Mínima Quantidade de Lubrificante com vazão de óleo integral de 10ml/h em um fluxo de ar comprimido de 4,5 bar de pressão, atendeu plenamente à necessidade de lubrificação, garantindo a qualidade dos furos e vida da ferramenta similar ao processo com refrigeração/lubrificação abundante.

Momper (2000), realizou experimentos com a Técnica da Mínima Quantidade de Lubrificante em operação de furação, e constatou que esta Técnica pode ser vista como uma alternativa viável para trabalhos de furação. Os testes foram feitos em um aço 50 CrV4 com brocas de metal duro de 11,8mm de diâmetro (revestidas com TiN). Na furação a seco a ferramenta chegava ao final após 200 furos, já utilizando a Técnica com Mínima Quantidade de Lubrificante, com vazão de 8ml/h e pressão de 3 bar, este nível foi elevado para 1500 furos.

5. Considerações Finais

As considerações finais que podem ser destacadas nesse projeto são o levantamento bibliográfico que foi realizado até o momento, que engloba o estudo e desenvolvimento de sistema de refrigeração MQL, onde o projeto visa a questão de usinagem, que hoje em dia é fortemente discutida e cada vez mais se exige componente mecânico com alta eficiência, não só pelo aspecto funcional, mas também pelo lado da segurança.

Também se pode destacar os resultado positivo da calibração estática e dinâmica onde é de grande importância, pois assim os dados obtidos são confiáveis.

Os ensaios previamente programados não foram realizados devido a problemas com o equipamento de aquisição de dados.

Referências Bibliográficas

ABRAO, A. M.; Sistema para avaliação de desempenho térmico de pares rebolo-peça em retificação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo/São Carlos, 1991.

BRAGA, U.D.; DINIZ, A.E.; MIRANDA, G.W.A; COPPINI, N.L. Using a minimum quantity of lubrication (MQL) and a diamond coated tool in the drilling of aluminum-silicon alloys. **Journal of Materials Processing Technology**, v.122, p.127-138, 2002.

BROCKHOFF, T.,WALTER, A., 1998, Fluid minimization in cutting and grinding. **Abrasives Magazine**, p. 38-42, Oct/Nov. DINIZ, A.E.; COPPINI, N.L.; MARCONDES, F.C. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: Artliber Editora, 1999. 1v. DINIZ, E.A.; MICARONI, R. Cutting condition for finish turning process aiming: the use of dry cutting. **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, v.42, p.899-904, 2002. DÖRR, J. New perspectives in dry machining. In: **4º Seminário Internacional de Alta Tecnologia – Inovações Tecnológicas na Manufatura para o Ano de 2000**, Piracicaba, São Paulo, Unimep, 1999. ago.

EL BARADIE, M. A., 1996, **Cutting Fluids: Part II – Recycling and Clean Machining**, Journal of Materials Processing Technology, vol. 56, No. 1-4, pp. 798-806, Jan. FERRARESI, D., **Fundamentos da Usinagem dos Metais**, Editora Edgard Blucher, São Paulo, 1977.

HANYU, H.; KAMIYA, S.; MURAKAMI, Y.; SAKA, M. Dry and semi dry machining using finely crystallized diamond coating cutting tools. **Surface and Coatings Technology**, v.173-174, p.992-995, 2003. HEISEL, U., LUTZ, D., WASSMER, R., WALTER, U., 1998, A técnica da quantidade mínima de fluidos e sua aplicação nos processos de corte. **Revista Máquinas e Metais**, n.386, Fev, pp. 22-38.

KLOCKE, F., EISENBLÄTTER, G., 1997, **Dry Cutting**, Annals of the CIRP, Vol. 46/2, pp. 519-526. KLOCKE, F., SCHULZ, A., GERSCHWILER, K., REHSE, M., 1998, Clean manufacturing technologies – The competitive edge of tomorrow?. **The International Journal of Manufacturing Science & Production**, v.1, n.2, p. 77-86. MACHADO, A R. e Diniz, ^a E., 2000, Corte a Seco, com Mínima Quantidade de Fluido e com

Fluido em Abundância: Usos, Aplicações, Vantagens e Desvantagens, **Anais do Usinagem 2000 Feira e Congresso**, Aranda Eventos, São Paulo, Brasil, 18p.

MASON, F. Usinando a seco... ou quase a seco. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, n.424, p.160-173, maio, 2001.

MOMPER, F.J. Usinagem a seco de materiais endurecidos. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, n.410, p.30-37, novembro, 2000.

NOVASKI, O; DÖRR, J. Usinagem sem refrigeração. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, n.399, p.18-27, 1999.

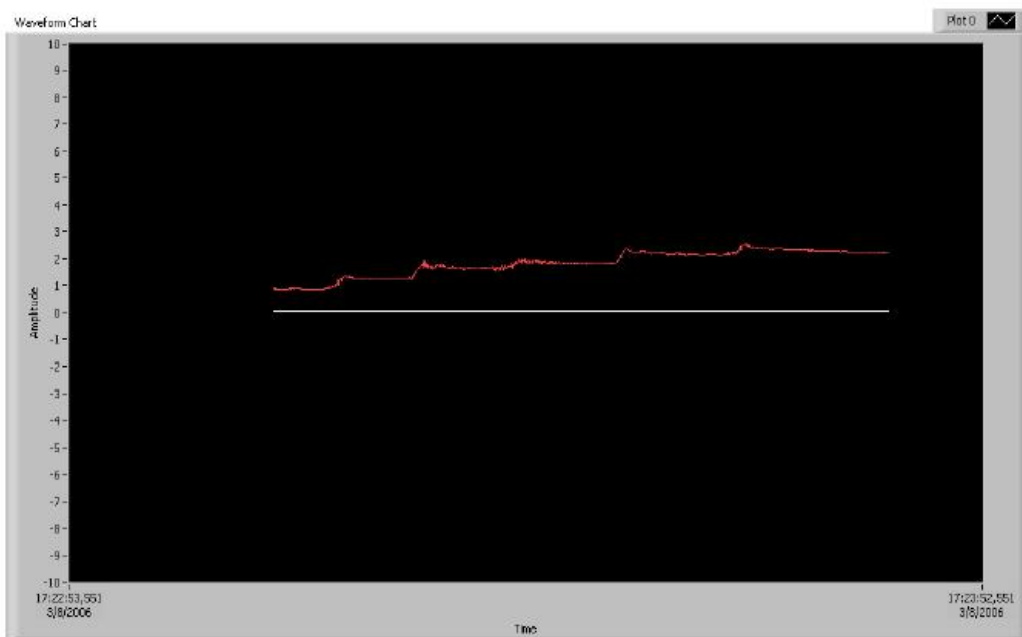
RAMOS, C.A.D.; COSTA, E.S.; MACHADO, A.R. Tendências, utilização e aspectos ecológicos. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, n.450, p.116-134, julho, 2003.

SCANDIFFIO, L. **Uma contribuição ao estudo do corte a seco e a o corte com Mínima Quantidade de Lubrificante (MQL) em torneamento de aço**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas, Campinas, 2000.

SCHULZ, H. Trends in manufacturing technology at the threshold of the millennium. In: **4 SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ALTA TECNOLOGIA – INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA MANUFATURA PARA O ANO DE 2000**, 2000, Santa Bárbara d'Oeste.

SCHULZ, H.; EMRICH, A.K.; FINZER, T.; DÖRR, J. Quais são e para que servem os revestimentos. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, n.416, p.38-45, setembro, 2000.

SILVA, L.R.; BIANCHI, E.C.; FUSSE, R.Y.; CATAI, R.E.; AGUIAR, P.R. comportamento da Técnica de mínima Quantidade de Lubrificante – MQL sob diferentes condições de lubrificação e refrigeração na retificação. In: **USINAGEM 2004 FEIRA E CONGRESSO**, 2004, São Paulo.



Calibração Estática da Célula de Carga

Condições	MQL	Em Abundância	A seco
Ap – 2mm Av – 1mm Vc – 150m/mim Ferramenta TNMG 332-TF	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX
Ap – 3mm Av – 2mm Vc – 150m/mim Ferramenta TNMG 332-TF	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX
Ap – 1mm Av – 2mm Vc – 150m/mim Ferramenta TNMG 332-TF	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX

Tabela de Ensaios Previstos