

ANÁLISE MICROESTRUTURAL DE FLUIDOS DE CORTE ENVELHECIDOS POR CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Marcília Batista de Amorim Finzi, marthyamorim@hotmail.com

Bruno Henrique Candido, bruno30008@yahoo.com.br

André Rezende de Figueiredo Oliveira, arfoliveira@femec.ufu.br

Álison Rocha Machado, alissonm@mecanica.ufu.br

Resumo. Estudos comparando os FCs sintéticos, semissintéticos, emulsionáveis e integrais concluem que aqueles preparados como emulsão são mais favoráveis que os demais para a propagação de microrganismos. No caso das emulsões, uma das grandes desvantagens associadas é o crescimento de fungos e bactérias, aumentando os riscos à saúde do operador e diminuindo sua vida útil. Neste estudo dois Fluidos de Corte (um de base vegetal - macro emulsão; e um de base mineral - micro emulsão) foram envelhecidos utilizando a norma ASTM 2275 modificada e o resultado desta contaminação microbiologicamente induzida é mostrada em sua microestrutura por técnica microscópica adaptada, na qual a superfície apresenta 100% de reflexão. O fenômeno de separação das duas fases imiscíveis (óleo e água) ficam nítidas conforme o fluido de corte novo (sem contaminação microbiológica) é comparado ao fluido envelhecido. Nas imagens geradas foi possível observar a coalescência das fases, através do incremento no diâmetro das gotas de óleo que passaram de 0,1 a 10 µm para 300 µm em média (no caso das macro emulsões) e de <0,1 µm para 80 µm (no caso das micro emulsões) em média.

Palavras chave: Fluido de corte, envelhecimento de emulsões, contaminação microbiológica, análise microestrutural

1. INTRODUÇÃO

Nos processos de usinagem, quando o objetivo é obter o melhor desempenho, é muito importante que o Fluido de Corte (FC) e seus cofatores associados estejam presente (Kuram *et al.* 2013). Trata-se de uma mistura complexa de produtos químicos utilizados na indústria metal-mecânica para refrigeração e lubrificação de diferentes tipos de processos de usinagem, tais como furação, torneamento, retificação, dentre outros (Rossmore, 1994; Chang *et al.* 2004; Gilbert *et al.* 2010a; Selvaraju *et al.* 2011). Devido à sua capacidade de aumentar a vida da ferramenta, melhorando o acabamento da peça de trabalho e prevenção de corrosão, os FCs são requisitos fundamentais nos processos industriais (Van Der Gast *et al.* 2003; Van Der Gast; Thompson, 2004).

Em usinagem existem os FCs integrais e aqueles a base de água. Os FCs a base de água podem ser emulsões (duas fases imiscíveis ou parcialmente miscíveis) ou soluções químicas (uma fase – a solução). O FC concentrado é tóxico às bactérias e fungos, devido à sua alta pressão osmótica natural (Moore *et al.* 2000; Veillete *et al.* 2004). Estudos comparando os FCs sintéticos, semissintéticos, emulsionáveis e integrais concluem que aqueles preparados como emulsão são mais favoráveis que os demais para a propagação de microrganismos (Falkingham *et al.* 2003; Chang *et al.* 2004).

No caso das emulsões, uma das grandes desvantagens associadas é o crescimento de fungos e bactérias, aumentando os riscos à saúde do operador e diminuindo sua vida útil (Kuram *et al.* 2013). A presença de bactérias neste tipo de FC pode provocar a separação das fases imiscíveis (coalescência), bem como degradar componentes, reduzindo assim a capacidade lubrificante do FC. Os microrganismos também estão associados com alterações no pH do FC, devido a produção de ácidos como resultado de seus resíduos metabólicos, reduzindo sua eficiência em proteger a peça usinada e a máquina ferramenta do processo de corrosão (Hong; Broomer, 2000).

O objetivo deste trabalho foi de caracterizar micro estruturalmente a desestabilização sofrida pelos fluidos de corte, microbiologicamente contaminados, no fenômeno de coalescência, utilizando adaptações simples em microscópio ferramenteiro.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para estudar o comportamento das gotículas de óleo em água de dois fluidos de corte (um de base vegetal – macro emulsão e um de base mineral – micro emulsão), submetidos ao envelhecimento microbiologicamente induzido através da norma ASTM 2275 modificada. Esses FCs são comumente utilizados por indústrias do setor metal-mecânico, de pequeno e grande porte. Foi montado um aparato de microscopia óptica inspirado nos dois tipos de microscópios petrográficos, ou seja, adaptando uma estrutura reflexiva em um microscópio ferramenteiro, permitindo obter imagens de estruturas que refletem e outras que transmitem parte da luz proveniente da fonte.

A análise microscópica da microestrutura foi realizada gotejando sobre uma lâmina de vidro de 2 mm de espessura um volume padronizado de 10 μ L para os quatro FCs testados (base vegetal novo e fim de vida e de base mineral novo e fim de vida). Na sequência, um espelho com bordas elevadas foi posicionado abaixo da lâmina, impedindo seu contato com o espelho. Os dois FC envelhecidos (biodegradados pelos microrganismos) foram comparados aos dois novos (recém diluídos e livres de microrganismos). Todos eles foram focados no microscópio em ampliação de 400 vezes. O tamanho das gotículas de óleo presentes no fluido de corte envelhecido foram comparados ao tamanho das gotículas de óleo no fluido novo, buscando detectar os fenômenos descritos na literatura como fatores desestabilizadores (promotores de coalescência) de uma emulsão, sendo eles: envelhecimento de Ostwald, floculação por movimento browniano e por sedimentação também foram observados.

A “Figura (1)” mostra o aparato óptico montado, onde a fonte de luz branca, o filtro de intensidade, o divisor de feixe, a objetiva e o filtro de 532 nm pertencem ao microscópio ferramenteiro. Neste sistema foi adaptado um sistema tipo “sanduiche” entre a objetiva, a gota de óleo a ser analisada e um espelho com reflexão de 100% da luz incidente. As imagens obtidas registraram estruturas de um mesmo plano focal da amostra.

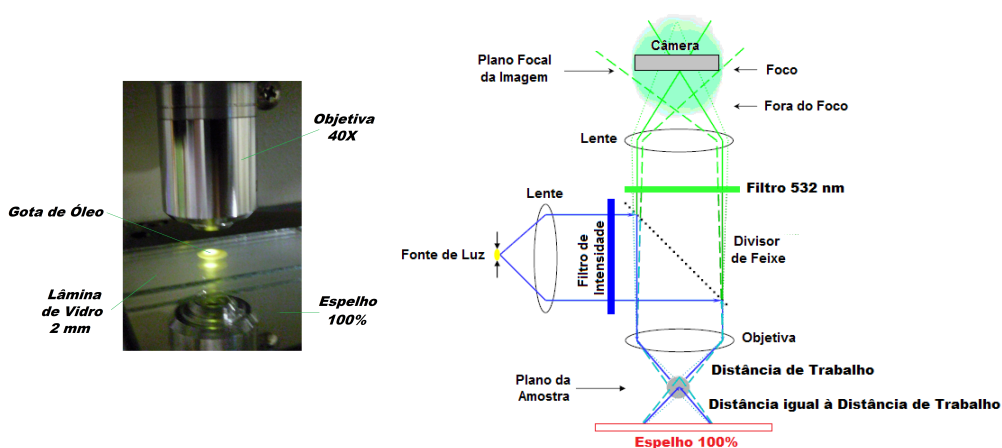


Figura 1. Sistema “sanduiche” montado no microscópio de transmissão óptica.

Seleção e preparo do microscópio

O microscópio de campo amplo possui origem secular e trabalha com iluminação da amostra em estado saturado, ou seja, neste sistema a iluminação é realizada acima do plano da amostra, deste modo a luz branca viaja ao longo do eixo óptico até ser focalizada na amostra pela objetiva, conforme é mostrado na “Fig. (2a.)”. Origina-se deste o microscópio ferramenteiro (“Fig. 2b.”), uma luz de banda larga é focalizada sobre uma superfície opaca que reflete parte dos raios incidentes formando assim a imagem da superfície deste material.

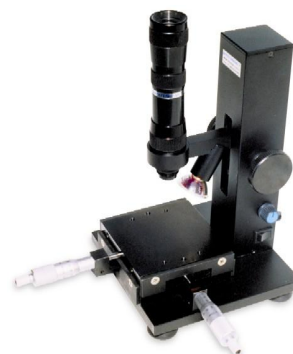
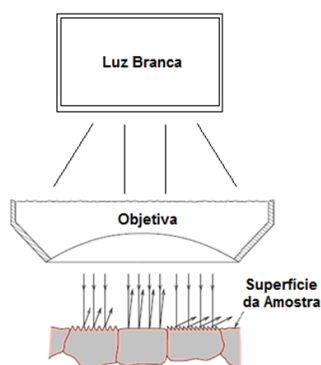


Figura 2. a.) Esquematização do funcionamento do microscópio de campo amplo e b.) Exemplo de um microscópio de ferramenteiro.

O processo físico da microscopia de campo amplo se apoia no fenômeno de reflexão, que consiste no fato da luz voltar a se propagar no meio de origem após incidir sobre um objeto ou superfície. Os fenômenos onde ocorre reflexão, tanto regular quanto difusa, obedecem a duas leis fundamentais: a.) 1ª lei da reflexão: O raio de luz refletido e o raio de luz incidente, assim como a reta normal à superfície são coplanares; b.) 2ª lei da reflexão: O ângulo de reflexão (r) é sempre igual ao ângulo de incidência (i). ($i = r$) (“Fig. 3”).

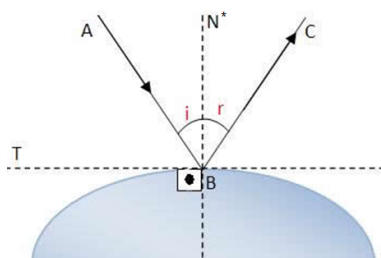


Figura 3. Representação do processo físico de reflexão da luz (Newton, 2002).

O fenômeno da reflexão consiste na mudança da direção de propagação da energia, desde que o ângulo de incidência não seja zero (Feynman *et al.* 1977). No microscópio ferramenteiro, parte da luz é refletida com o ângulo de incidência próximo de zero, o que tem como consequência o retorno da luz incidente em direção à região de onde ela é oriunda, após entrar em contato com uma superfície refletora.

O microscópio óptico

É um instrumento que funciona através da utilização de luz visível e uma série de lentes (objetiva), que estão estrategicamente colocados para permitir ampliação de pequena amostra. Promovem ampliações de até 1200x, porém existem algumas desvantagens inerentes, tais como o fenômeno da difração e refração da luz. Isso o impede de fornecer uma visão clara dos detalhes de uma amostra com alta ampliação (“Fig. 4”).

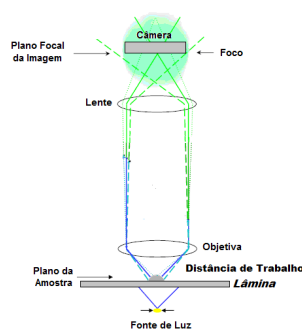


Figura 4. Microscópio óptico convencional.

O microscópio petrográfico é uma derivação do microscópio de campo amplo, utilizado na observação de rochas e minerais, atingindo ampliações de até 400 vezes. Existem dois tipos principais de microscópios petrográficos: os de luz transmitida e os de luz refletida. As observações em luz transmitida apenas são possíveis com amostras que sejam quase transparentes, ou seja, que se deixem atravessar pela luz. Nos microscópios de luz refletida, utilizados para estudar minerais opacos, a fonte de luz encontra-se sobre a amostra e o que é observado é o resultado da reflexão da luz sobre a amostra.

3. RESULTADOS

Através da técnica microscópica empregada foi possível obter imagens nítidas das gotas de fluido de corte (de base vegetal e mineral) novo e em condição de descarte, posicionada em um sistema “sanduiche” mostrado na “Fig. (4)”. Esse sistema possibilitou análise dos fluidos de corte que ainda não foram concluídas. A partir dos comprimentos de ondas da luz branca que incidem sobre as gotas dos fluidos, estas deixam transmitir aos nossos olhos apenas aqueles comprimentos de ondas não absorvidos.

As imagens da “Fig. (5)” mostraram que os dois tipos de fluidos de corte (vegetal e mineral) submetidos a biodegradação microbiológica apresentam microestrutura semelhante em estágio fim de vida, com gotículas escassas e em maior representatividade uma gota de óleo quase única na mesma área com diâmetros bastante aumentados e morfologia de circunferência irregular.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o estudo ainda não esteja completo e terminado e seja necessário melhorar a qualidade das imagens obtidas possibilitando melhores análises, bem como encontrar melhores parâmetros para descrever o fenômeno observado nos fluidos de corte envelhecidos de forma microbiologicamente induzida, é possível observar através das figuras o comportamento das emulsões (micro e macro) após serem submetidos a biodegradação por microrganismos que utilizam o fluido de corte como fonte de nutrientes. Foi possível encontrar algumas semelhanças e diferenças nos

M. B. A. Finzi, B. H. Candido, A. R. F. Oliveira, A. R. Machado

Análise Microestrutural de Fluidos de Corte Envelhecidos por Contaminação Microbiológica

aspectos morfológicos de ambas. A técnica mostra que é possível transformar um microscópio de campo amplo (microscópio ferramenteiro) em um microscópio de transmissão óptico, possibilitando o estudo de materiais translúcidos.

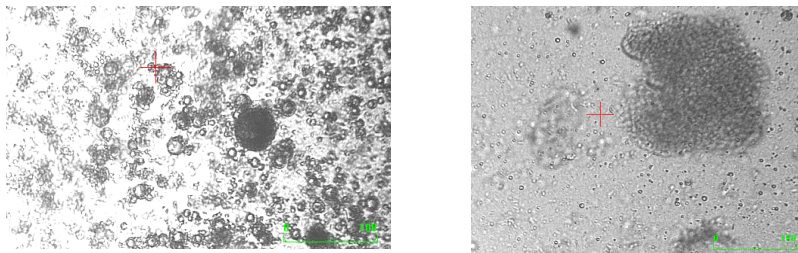


Figura 5 a.) Fluido de corte emulsionável (macro emulsão), de base vegetal, novo (livre de microrganismos), diluído em água destilada estéril em concentração de 8%, e em b.) o mesmo fluido de corte envelhecido em condição de descarte, após ação e presença de bactérias e fungos.

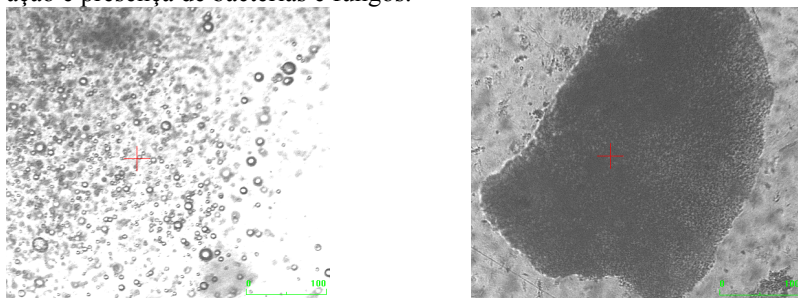


Figura 5 c.) Fluido de corte emulsionável (micro emulsão), de base mineral, novo (livre de microrganismos), diluído em água destilada estéril em concentração de 8%, e em d.) o mesmo fluido de corte envelhecido em condição de descarte, após ação e presença de bactérias e fungos.

5. REFERÊNCIAS

- Chang, S. C.; Riham, A.; Balviman, S.; Gruden, C. L.; Khijniak, A. I.; Skerlos, S. J.; Adriens, P. "Flow cytometric detection and quantification of mycobacteria in metalworking fluids". *International Biodeterioration & Biodegradation* 2004;54:105-12.
- Falkinham, J. O. 2003. "Mycobacterial aerosols and respiratory disease". *Emerg. Infect. Dis.* 9:763-767.
- Feynman, R. P.; Leighton, R. B.; Sands, M. "The Feynman Lectures on Physics", 6.ed. N.Y.; Addison-Wesley Publishing, 1977.
- Gilbert, Y.; Veillette, M.; Duchaine, C. "Metalworking fluids biodiversity characterization". *J. Appl. Microbiol.* 2010a;108:437-449.
- Hong, S. Y.; Broome, M. "Economical and ecological cryogenic machining of AISI 304 austenitic stainless steel". *Clean Prod. Proc.* 2000;2:157-166.
- Kuram, E.; Ozcelik, B.; Demirbas, E. "Environmentally Friendly Machining: Vegetable Based Cutting Fluids". In: J. P. Davim (ed.), *Green Manufacturing Processes and Systems, Materials Forming, 23 Machining and Tribology* 2013. p. 23-47.
- Moore, J. S. et al. "Mycobacterium Contamination of Metalworking Fluids: Involvement of a Possible New Taxon of Rapidly Growing Mycobacteria", *AIHAJ.* 2000;61:205-13.
- Newton, I., "Óptica", 1 ed. EDUSP, Sao Paulo, S.P., 304p., 2002.
- Rossmore, L. A., Rossmore, H. W. "Metalworking fluid microbiology. In: Byers, editor". *Metalworking fluids*. New York: Marcel Decker Inc.; 1994;247-71.
- Selvaraju, S. B.; Khan, I. U. H.; Yadav, J. S. "Susceptibility of Mycobacterium immunogenum and Pseudomonas fluorescens to formaldehyde and non-formaldehyde biocides in semi-synthetic metalworking fluids". *Int J Mol Sci.* 2011;12:725-741.
- Van Der Gast, C. J.; et al. "Bacterial community structure and function in a metalworking fluid". *Environ Microbiol.* 2003;5:453-461.
- Van Der Gast, C. J.; Thompson, I. P. "Effects of pH amendment on metal working fluid wastewater biological treatment using a defined bacterial consortium". *Biotechnol Bioeng* 2004;89(3):357-366.
- Veillette, M.; Thorne, P. S.; Gordon, T.; Duchaine, C. "Six Month Tracking of Microbial Growth in a Metalworking Fluid After System Cleaning and Recharging". *Ann occup Hyg.* 2004;48(6):541-46.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.