

## **Análise da influência do tempo de centelhamento na retificação cilíndrica externa de mergulho de aços endurecidos VC-131**

**Ulysses de Barros Fernandes (UNESP) ulyssesfernandes@uol.com.br**

**José Augusto Camargo Alves (UNESP) jaugusto@feb.unesp.br**

**Rodrigo Eduardo Catai (UNESP) rcatai@zipmail.com.br**

**Eduardo Carlos Bianchi (UNESP) bianchi@feb.unesp.br**

**Paulo Roberto de Aguiar (UNESP) aguiarpr@feb.unesp.br**

**Resumo:** *A operação de retificação cilíndrica externa de mergulho tem sido bastante empregada no processo de fabricação de componentes que necessitem de excelente qualidade superficial obtida dentro de baixos níveis de tolerância dimensional. O tempo de centelhamento (spark-out) é um parâmetro que permite que se alcance as dimensões desejadas, por meio da eliminação das deformações elásticas oriundas das intensas forças que agem na interface de contato peça-ferramenta. O spark-out é definido como um período de inexistência de avanços do rebolo, todavia com remoção de material da peça que busca o posicionamento real (BALDO, 1994; HASSUI, 2002). A experimentação envolvendo o tempo de centelhamento será aplicada na operação de retificação utilizando três tipos de refrigeração/lubrificação, sendo eles convencional, otimizado e MQL (Mínima Quantidade de Lubrificação) para que, desta forma, seja possível fazer uma otimização global do processo. Optou-se por trabalhar com a técnica de MQL pelo fato desta se apresentar como uma nova tendência capaz de proporcionar redução de custos e ainda evitar uma intensa degradação do meio-ambiente, ocasionada por fluidos convencionais.*

**Palavras-chave:** *retificação, tempo de centelhamento, refrigeração otimizada, MQL.*

### **1. INTRODUÇÃO**

A preocupação das indústrias mecânicas de se sustentarem dentro do competitivo mercado atual, fez com que este segmento buscasse alternativas viáveis que possibilitassem a obtenção de produtos com elevados padrões de qualidade, obtidos dentro de processos otimizados de produção (NOVASKI & DÖRR, 1999).

É neste contexto que se destaca o processo de retificação, o qual caracteriza-se por conferir a peça um bom acabamento superficial, dimensional e geométrico; difícil de ser obtido por meio de outras operações de usinagem. No entanto, é de fundamental importância o aprimoramento do processo de retificação pelo fato deste ser empregado nas etapas finais de produção, período em que o valor intrínseco a peça já é bastante elevado. Por este motivo, é de grande importância que se faça o monitoramento de todo o processo, relacionando de forma precisa todos os parâmetros de entrada e as variáveis de saída, visando desta forma, atingir resultados análogos.

A falta de rigidez do sistema máquina-peça-ferramenta propicia o surgimento de deformações elásticas durante a movimentação de trabalho, ocasionando um atraso do avanço real em relação ao teórico, o que por consequência resulta num “atraso dimensional”. Por este motivo se estabelece um período em que não haja avanços, denominado tempo de centelhamento, ou ainda *spark-out*. Nesse período as deformações são gradualmente

eliminadas, removendo material e finalmente eliminando o atraso e atingindo as dimensões desejadas, conforme pode ser observado na Figura 1 (BALDO, 1994; HASSUI, 2002).

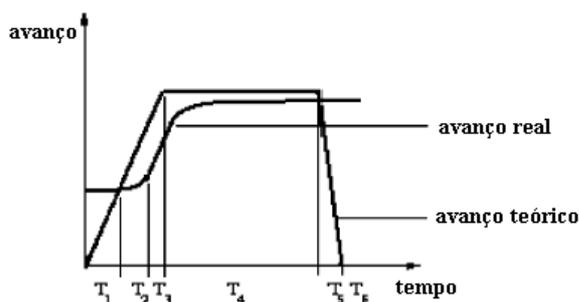


Figura 1 – Ciclo convencional de retificação cilíndrica externa de mergulho (OLIVEIRA, 1988)

Contudo, apesar da operação de retificação ser bastante satisfatória no que diz respeito a aspectos tecnológicos e econômicos é ainda hoje bastante deficiente, no que diz respeito a aspectos ambientais, pelo fato de que o intenso contato entre grãos abrasivos e peça exigem uma quantidade bastante elevada de fluido de corte nesta região. Isto se explica segundo Hafenbraedl & Malkin (2000) pelo fato de que o processo de retificação requer grande quantidade de energia por volume de material removido, sendo que grande parte desta energia é convertida em energia térmica, que proporciona danos térmicos e dimensionais a peça, necessitando, portanto, aplicar fluidos que facilitem a dissipação e até mesmo a geração de calor (NATHAN et al., 1997; SALES et al., 1999). Estes fluidos compostos por óleos, são responsáveis pela contaminação dos trabalhadores das fábricas e também dos solos e águas onde são descartados. A preocupação das indústrias em se apresentarem ecologicamente responsáveis e não serem penalizadas pela rígida legislação vigente, tal como a ISO 14000, tem contribuído para o desenvolvimento de novas técnicas, tal como a de Mínima Quantidade de Lubrificação (MQL), que consiste numa mistura de ar e óleo, na qual o primeiro é responsável pela refrigeração, retirando calor do sistema peça-ferramenta e o segundo pela lubrificação, reduzindo a potência de retificação e o desgaste do rebolo, melhorando a qualidade superficial da peça. Esta técnica funciona como um elo de ligação entre a usinagem a seco e a refrigeração convencional, reduzindo a inundação intensa à apenas uma aspersão de uma névoa na área de corte (HAFENBRAEDL & MALKIN, 2000 e HEISEL et al., 1998).

Este trabalho visa analisar o comportamento da técnica de MQL na operação de retificação cilíndrica externa de mergulho, visando desta forma, contribuir para o desenvolvimento de uma metodologia baseada na otimização de todos os parâmetros do processo, e ainda colaborar para o aprimoramento de uma técnica ecologicamente correta tendo sempre como referencial a qualidade final da peça produzida.

## 2. METODOLOGIA

A conclusão dos objetivos deste trabalho foi possível por meio do desenvolvimento de uma metodologia própria dos ensaios, utilizando-se como parâmetros de entrada as condições de usinagem, dando enfoque para o tempo de centelhamento, o material da peça, os métodos de refrigeração e ainda controle da pressão e vazão de aplicação dos mesmos. Como variáveis de saída serão empregados a força tangencial de corte, energia específica do sistema, rugosidade, circularidade e emissão acústica.

Utilizou-se neste trabalho corpos de prova de aço VC-131 temperado e revenido. Este classifica-se como um aço ligado para ferramentas, destinado a trabalhos a frio e caracteriza-se por sua elevada estabilidade dimensional, possuindo excepcional resistência a abrasão e

excelente estabilidade de gume. Os ensaios foram realizados com rebolo de óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ) com as seguintes características: (355,6 x 25,4 x 127 - FE 38A60KV). A operação de dressagem foi mantida constante, na qual utilizou-se dressador multigranular do tipo *fliese*, não influenciando as variáveis de saída do processo.

O banco de ensaios será constituído fundamentalmente por uma retificadora cilíndrica CNC fabricada pela empresa Sulmecânica, modelo *RUAP 515 H-CNC*, na qual serão instalados os acessórios que permitirão a realização dos ensaios, tal como o bocal devidamente confeccionado para tal fim o sistema de MQL. Utilizar-se-á ainda um micro computador que permitirá a elaboração de um programa para a aquisição de dados, por meio do programa *LabView*, que é uma ferramenta de programação utilizada para realizar a aquisição de dados em tempo real durante a execução dos ensaios experimentais. Tal programa será capaz de realizar a aquisição da força tangencial de corte e emissão acústica.

O monitoramento da emissão acústica será realizado por meio de um aparelho modelo DM42, marca *Sensis*, e um sensor de emissão acústica, que será posicionado no cabeçote móvel da retificadora próximo ao contraponto, possibilitando detectar possíveis variações do sinal e sua relação com as demais variáveis de saída.

## 2.1 Construção do sistema de MQL

Executou-se uma série de ensaios preliminares visando determinar a melhor vazão do lubrificante e ar comprimido, assim como também da eficiência dos diversos tipos de lubrificantes quando da utilização da tecnologia MQL.

Optou-se pela confecção de um bocal devidamente projetado para tal fim, possibilitando que a velocidade do ar comprimido se equiparasse a velocidade periférica do rebolo (33m/s). Tal fato é de suma importância para que a mistura fluido e ar penetrem na região de contato entre ferramenta e peça, agindo de forma favorável à refrigeração/lubrificação do processo.

O equipamento utilizado para o sistema de mínima quantidade de lubrificante (MQL) será o aplicador *ITW Accu-lube* de micro-lubrificação. Foi necessário montar uma unidade de medição da vazão do ar comprimido para o monitoramento da pulverização da névoa. A Figura 2 mostra a unidade de controle do equipamento de MQL, onde é feita a dosagem do lubrificante e a regulagem da vazão de ar comprimido. Esta unidade é composta por um sistema pulsante de fornecimento de óleo e permite a regulagem da vazão de ar comprimido e lubrificante de maneiras separadas. O sistema MQL é composto de: compressor, regulador de pressão, rotâmetro, dosador e bocal aspersor. Adotou-se uma vazão de óleo igual a 60 ml/hora.

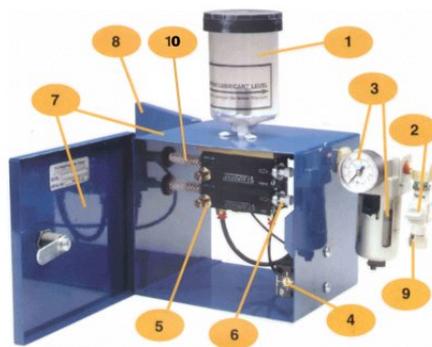


Figura 2 – Unidade de controle de vazões do sistema MQL, *ITW Accu-lube*

### 3. RESULTADOS

Neste item serão apresentados os resultados referentes a força tangencial de corte e emissão acústica, obtidas por meio do programa *LabView* e trabalhadas no Origin e MatLab.

#### 3.1 Resultados referentes à força tangencial de corte

Os resultados da força tangencial de corte são apresentados na forma de gráficos para os 10 ciclos de retificação executados durante a retificação do corpo de prova. Vale salientar que cada ponto corresponde a uma média aritmética dos pontos máximos oriundos das cinco repetibilidades de cada ensaio, sendo eles realizados sob condições de usinagem idênticas. Os valores da força tangencial de corte efetiva serão expressos em Newton (N) em função do número de ciclos de retificação realizados.

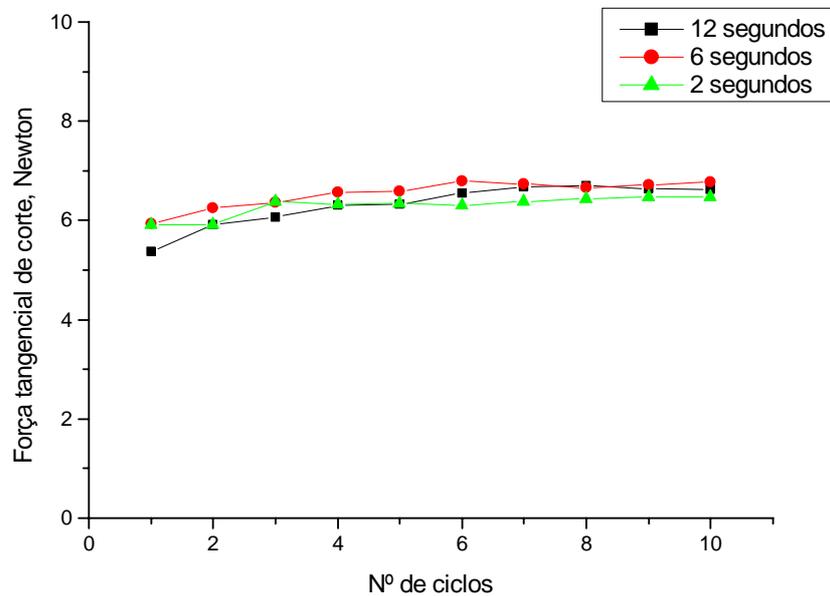


Figura 3- Força tangencial de corte, utilizando bocal otimizado

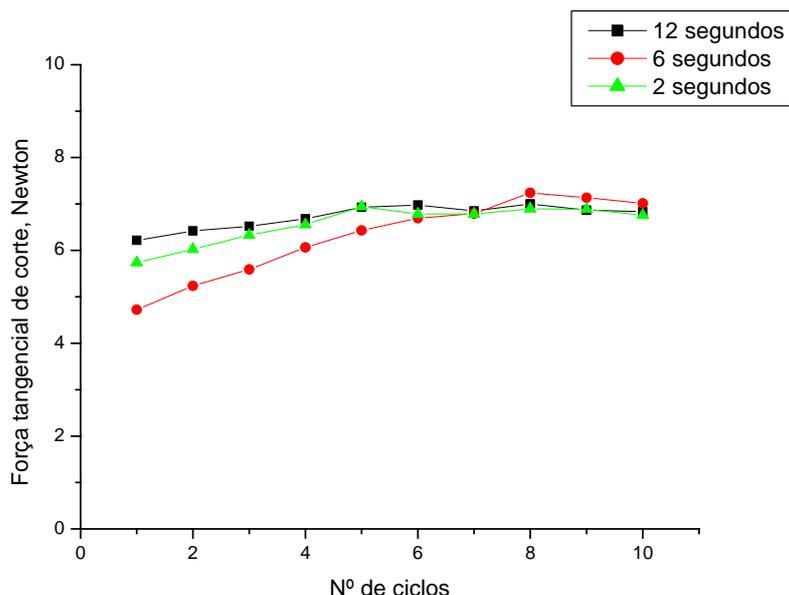


Figura 4 - Força tangencial de corte, utilizando bocal convencional

Analisando-se as figuras 3 e 4 observa-se que o tempo de spark-out não influencia diretamente sobre a intensidade da força tangencial de corte. Com isso, pode concluir que é mais interessante a utilização do tempo de 2 segundos, que acarreta em uma redução dos custos de fabricação. No que diz respeito à comparação entre os métodos de refrigeração pode-se afirmar que a refrigeração otimizada tem uma tendência a apresentar níveis de força menores dos que os verificados para a refrigeração convencional, o que já era esperado. Observa-se ainda que na refrigeração convencional o tempo de 6 segundos apresenta valores reduzidos de força até o sexto ciclo. Desta forma, deve-se optar pela refrigeração otimizada para um tempo de spark-out de 2 segundos.

### 3.2 Resultados referentes à emissão acústica

Os resultados da emissão acústica são apresentados na forma de gráficos para os 10 ciclos executados durante a retificação do corpo de prova. Observa-se que cada ponto corresponde a uma média aritmética dos pontos máximos obtidos das cinco repetibilidades de cada ensaio. Os valores de emissão acústica serão expressos em Volts (V) em função do número de ciclos de retificação realizados.

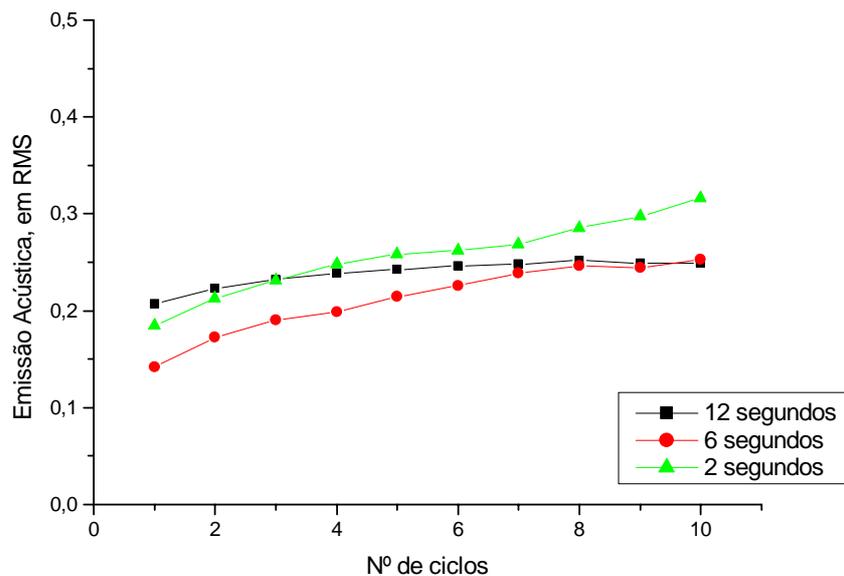


Figura 5– Emissão Acústica, utilizando bocal otimizado

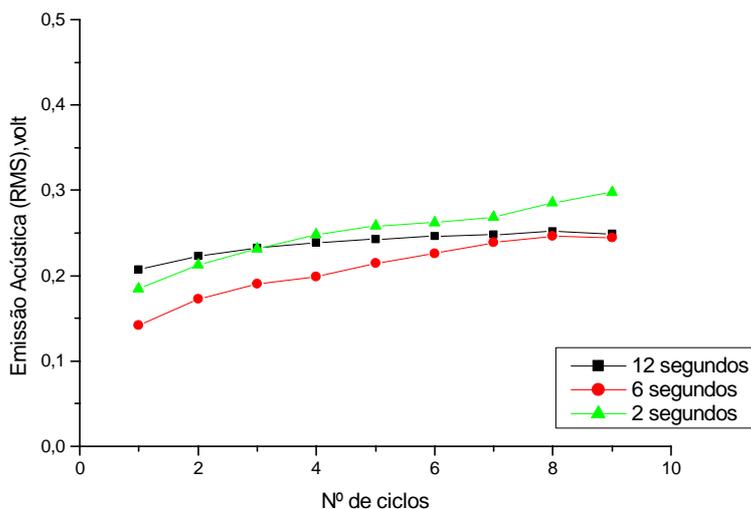


Figura 6- Emissão Acústica, utilizando bocal convencional

Analisando-se as figuras 5 e 6 pode-se observar que o tempo de 6 segundos é o que proporciona os menores valores de emissão acústica para ambos os métodos de refrigeração. Além disso, observa-se que o spark-out de 2 segundos apresenta uma tendência a elevação dos níveis de emissão acústica em função do número de ciclos. Desta forma, os melhores valores de emissão acústica serão obtidos trabalhando com o tempo de 6 segundos e empregando refrigeração otimizada, que necessita de uma vazão menor de fluido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] HAFENBRAEDL, D.; MALKIN, S. Tecnologia ambientalmente correta para retificação cilíndrica interna, Revista Máquinas e Metais, p. 40-55, julho, 2001.

- [2] HASSUI, A., DINIZ A. E. Correlating surface roughness and vibration on plunge cylindrical grinding of steel. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 43, 2003, p. 855–862.
- [3] HOWES, T.D., TOENSCHOFF, H.K., HEUER, W. Environmental Aspects of Grinding Fluids. CIRP Grinding STC Keynote Paper, August 1991.
- [4] KLOCKE, F., BECK, T., EISENBLÄTTER, G., LUNG, D. Minimal Quantity Lubrication (MQL) – Motivation, Fundamentals, Vistas. 12th International Colloquium Industrial and Automotive Lubrication, Technische Akademie Esslingen, 2000.
- [5] MALKIN, S. “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, 1989. Cap. 5 e 6, p.108 a 171.
- [6] NOVASKI, O., DÖRR, J. Usinagem quase a seco. *Revista Máquinas & Metais*, Ano XXXVI, nº 406, nov. 1999, p. 34-41.
- [7] SILVA, L. R., BIANCHI, E. C., FUSSE, R. Y., FRANÇA, T. V., NETO, L. D., CATAI, R. E., AGUIAR, P. R. Aplicação da técnica de Mínima Quantidade de Lubrificante - MQL no processo de retificação. Artigo aceito para publicação no CONEM 2004, Belém, Pará, Brasil, 2004.
- [8] SOKOVIC M., MIJANOVIC K. Ecological aspects of the cutting fluids and its influence on quantifiable parameters of the cutting processes. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 109 ,2001, p. 181-189.
- [9] ROWE W. B., CHEN W., MORUZZI J. L., MILLS B. A generic intelligent control system for grinding. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 10, Nº. 3, 1997, p. 231-241.