

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CENTELHAMENTO NA RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA EXTERNA DE MERGULHO DE AÇOS ENDURECIDOS VC-131

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

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

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

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

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

Manoel Cléber de Sampaio Alves (UNESP - Bauru) mcleber@bol.com.br

Anselmo Eduardo Diniz (UNICAMP) anselmo@fem.unicamp.br

Resumo: A operação de retificação cilíndrica externa de mergulho tem sido bastante empregada no processo de fabricação de componentes que necessitam de excelente qualidade superficial obtida dentro de baixos níveis de tolerância dimensional. O tempo de centelhamento (spark-out) é um parâmetro que tem sido bastante utilizado justamente por contribuir para a obtenção de superfícies com precisão geométrica. Este tempo é definido como um período de inexistência de avanços do rebolo, e tem como finalidade permitir que as deformações elásticas surgidas no momento do avanço do rebolo sejam eliminadas. A experimentação envolvendo o tempo de centelhamento foi aplicada na operação de retificação utilizando dois tipos de refrigeração/lubrificação, sendo estas convencional e otimizada.

Palavras-chave: Retificação, Tempo de centelhamento, Refrigeração otimizada.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade das indústrias mecânicas de serem competitivas dentro da atual conjuntura econômica mundial, fez com que este segmento buscasse alternativas viáveis que possibilitassem a obtenção de produtos com a melhor relação custo/benefício do mercado ⁽¹⁾.

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 ⁽²⁾. Por este motivo, é de grande valia 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 e convergentes.

A respeito da remoção de material pelos grãos abrasivos, sabe-se que inicialmente com o avanço do rebolo, cada grão penetra na peça e remove o material que está em sua trajetória ⁽³⁾. Todavia, esta remoção não ocorre de maneira tão simples, pois segundo Chen et al. ⁽⁴⁾ a remoção de material no processo de retificação acontece em três estágios, sendo estes: escorregamento, deformação plástica e por último o corte.

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 ^{(5), (6), (7)}, conforme pode ser observado na Figura 1.

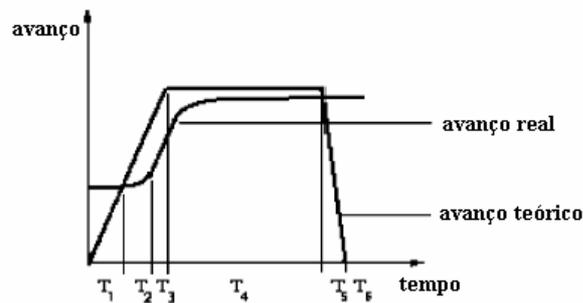


Figura 1. Ciclo convencional de retificação cilíndrica externa de mergulho ⁽⁸⁾

2. METODOLOGIA

Neste trabalho empregou-se uma metodologia de ensaios, utilizando-se como parâmetros de entrada as condições de usinagem como o tempo de centelhamento (*spark-out*), o material da peça, os métodos de refrigeração e ainda o controle da pressão e vazão de aplicação dos fluidos de corte. Como variáveis de saída serão avaliadas a força tangencial de corte, a rugosidade, a circularidade e a emissão acústica.

O material dos corpos de prova foi o aço VC-131 temperado e revenido, o qual classifica-se como um aço ligado para ferramentas, destinado a trabalhos a frio e caracteriza-se por sua elevada estabilidade dimensional, possuindo excepcional resistência à abrasão e excelente estabilidade de gume. Os ensaios foram realizados com um rebolo convencional 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 é constituído por uma retificadora cilíndrica CNC fabricada pela empresa Sulmecânica, modelo *RUAP 515 H-CNC*, na qual foram instalados os acessórios que permitiram a realização dos ensaios. Utilizou-se ainda um micro computador que permitiu 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 foi capaz de realizar a aquisição da força tangencial de corte e emissão acústica.

O monitoramento da emissão acústica foi 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.

3. RESULTADOS

Neste item são apresentados os resultados das variáveis de saída analisadas nesta pesquisa.

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 dos corpos de prova. Salienta-se que cada ponto corresponde a uma média aritmética dos pontos máximos oriundos das cinco repetibilidades de cada ensaio, sendo os mesmos realizados sob condições de usinagem idênticas. Os valores da

força tangencial de corte são expressos em Newton (N) em função do número de ciclos de retificação realizados.

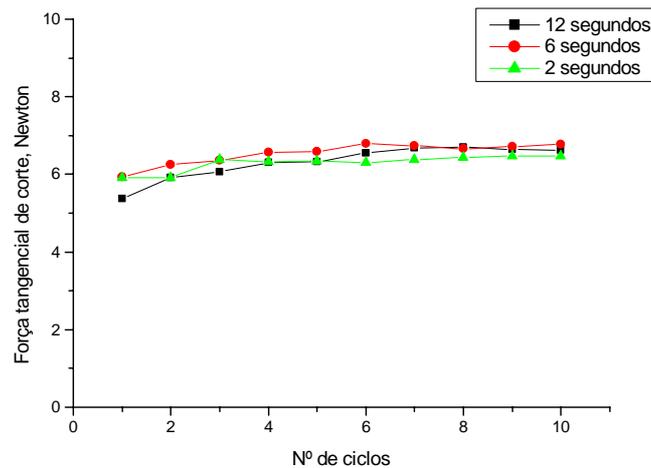


Figura 2. Força tangencial de corte em função do número de ciclos de retificação, utilizando bocal otimizado

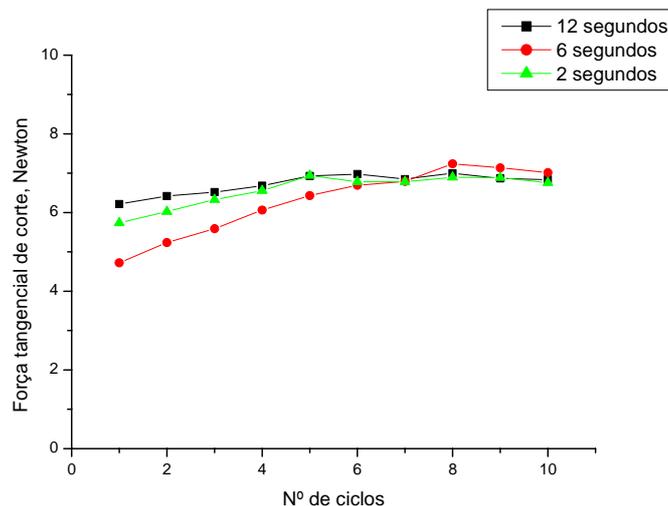


Figura 3. Força tangencial de corte em função do número de ciclos de retificação, utilizando bocal convencional

Analisando-se as Figuras 2 e 3 observa-se que a variação do tempo de spark-out não influencia diretamente a magnitude da força tangencial de corte, visto que as diferenças entre os valores para um mesmo número de ciclos e para os diferentes tempos de centelhamento não foram significativas. Com isso, pode-se concluir que é mais interessante a utilização do tempo de 2 segundos, o qual proporciona uma redução dos custos de fabricação em função da redução do tempo total do processo de usinagem de cada peça.

No que diz respeito à comparação entre os métodos de refrigeração, pode-se afirmar que a refrigeração otimizada tem uma tendência em apresentar níveis de força tangencial de corte menores que aqueles verificados para a refrigeração convencional, o que já era esperado.

3.2 Resultados Referentes aos Desvios de Circularidade

Os resultados referentes aos desvios de circularidade são apresentados na forma de gráficos, sendo que cada barra representa um tempo de centelhamento (*spark-out*). Observa-se que cada barra

vem acompanhada de seu respectivo desvio padrão, permitindo assim melhor interpretação. Os valores dos desvios de circularidade são expressos em μm .

Na Figura 4 são apresentados os valores de desvios de circularidade nos corpos de prova retificados com o emprego da refrigeração otimizada.

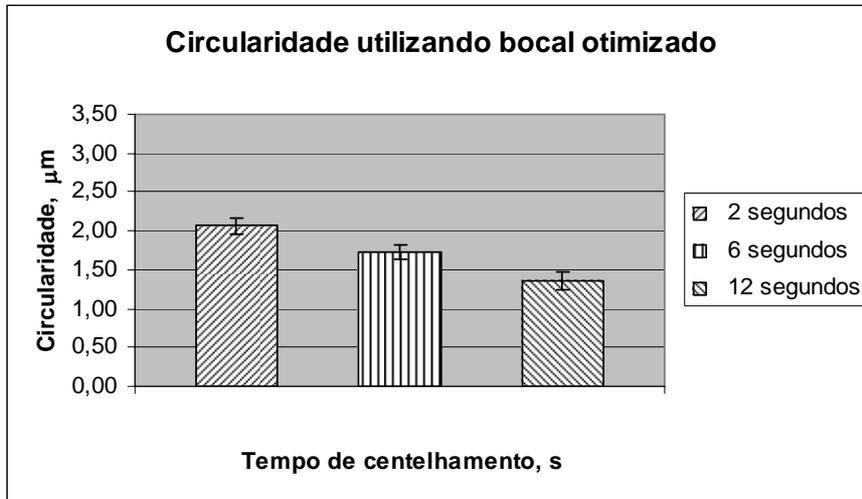


Figura 4. Medidas de desvios de circularidade utilizando bocal otimizado para cada tempo de spark-out

Na Figura 5 são apresentados os valores de desvios de circularidade obtidos com a utilização do método de refrigeração convencional.

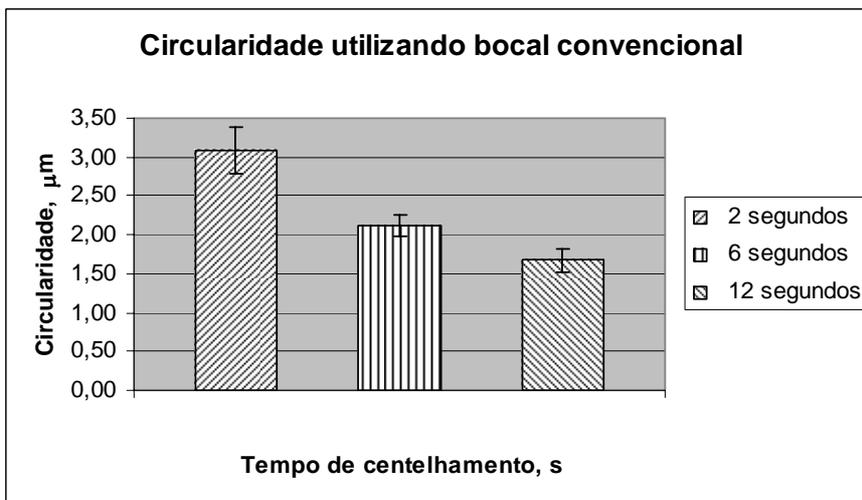


Figura 5. Medidas de desvios de circularidade em função do tempo de spark-out, obtidas por meio da refrigeração convencional

Por meio da análise das Figuras 4 e 5, pode-se verificar uma nítida tendência de redução dos valores de desvios de circularidade com o aumento do tempo de centelhamento (*spark-out*). No caso dos corpos retificados utilizando-se refrigeração otimizada, observa-se uma redução de $0,5 \mu\text{m}$ quando altera-se o tempo de centelhamento de 2 para 12 segundos. Já no que diz respeito ao método convencional de refrigeração, observa-se que a diminuição, quando se varia de 2 para 12 segundos, é por volta de $1,50 \mu\text{m}$, sendo portanto, bastante significativa. Os menores desvios de circularidade foram obtidos combinando-se bocal otimizado e tempo de centelhamento de 12 segundos.

3.3 Resultados Referentes à Rugosidade

Os resultados referentes à rugosidade são apresentados na forma de gráficos em que cada barra representa um tempo de centelhamento (*spark-out*), sendo que a barra azul refere-se ao tempo de 2 segundos, a amarela ao tempo de 6 segundos e a vermelha diz respeito ao tempo de 12 segundos. Observa-se que cada barra vem acompanhada de seu respectivo desvio padrão, permitindo assim melhor interpretação e comparação.

Na Figura 6 são apresentados os valores de rugosidade (μm) obtidos com a utilização do método de refrigeração otimizado e na Figura 7 os valores de rugosidade para a refrigeração convencional.

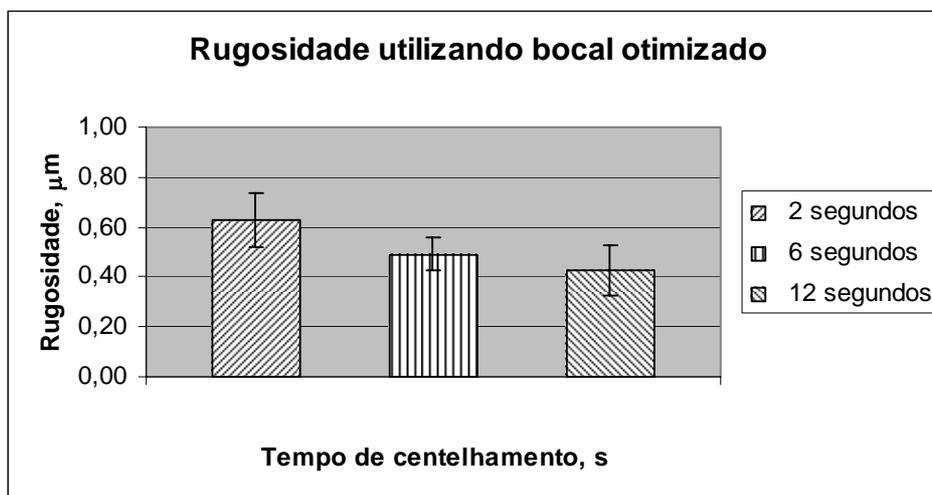


Figura 6. Rugosidade em função do tempo de spark-out para a refrigeração otimizada

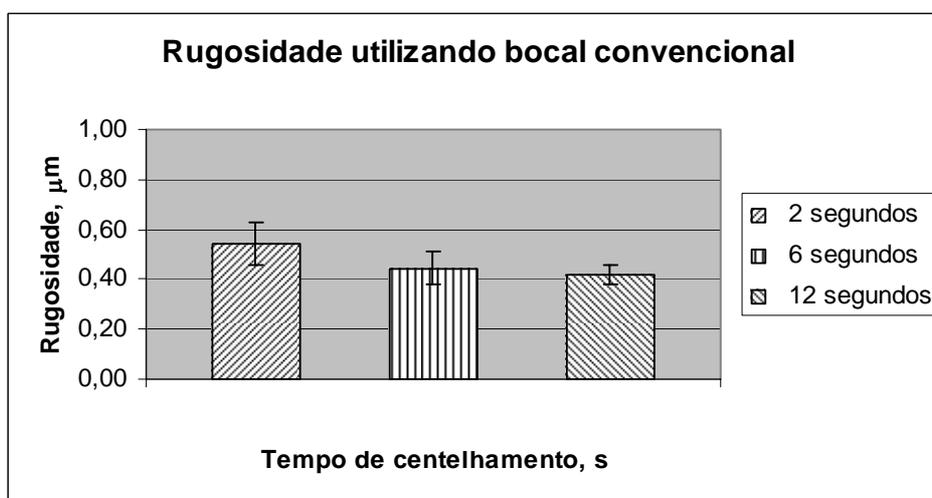


Figura 7. Rugosidade em função do tempo de spark-out para a refrigeração convencional

Fazendo-se uma análise das Figuras 6 e 7, observa-se que os índices de rugosidade tendem a decair com um aumento no tempo de centelhamento. Todavia, tal tendência não fica obviamente explícita pelo fato dos desvios possuírem, em alguns casos, os mesmos intervalos de valores. Observa-se que tanto no caso da refrigeração convencional quanto na otimizada que os menores valores de rugosidade são obtidos com o tempo de centelhamento de 12 segundos.

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir por meio da análise dos gráficos apresentados que as melhores variáveis de saída são obtidos empregando-se o método otimizado de refrigeração com um tempo de centelhamento (*spark-out*) de 12 segundos. Visando-se diminuir os valores de desvio de circularidade e de rugosidade, poder-se-ia aumentar o tempo de centelhamento, já que uma

tendência de queda destas variáveis pode ser verificada em todos os gráficos independentemente do método de refrigeração. No entanto, é preciso cautela na adoção de tal tempo, pois tempos de *spark-out* maiores ocasionam o aumento na duração do processo de retificação resultando, portanto, em custos adicionais.

REFERÊNCIAS

- [1] HAFENBRAEDL, D.; MALKIN, S. **Tecnologia ambientalmente correta para retificação cilíndrica interna**. Revista Máquinas e Metais, p. 40-55, julho, 2001.
- [2] NOVASKI, O., DÖRR, J. **Usinagem quase a seco**. Revista Máquinas & Metais, Ano XXXVI, nº 406, nov., 1999, p. 34-41.
- [3] MALKIN, S. **Grinding Mechanisms and Grinding Temperatures and Thermal Damage**. In: MALKIN, S. Grinding Technology: theory and applications of machining with abrasives. 1.ed. Chichester, Ellis Horwood Limited, 1989, p.108 a 171.
- [4] 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.
- [5] CHEN X., ROWE W. B., CAI R. **Precision grinding using CBN wheels**. International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 42, 2002, p. 585–593.
- [6] BALDO, E. D. **Redução do ciclo de retificação cilíndrica de mergulho com o auxílio da emissão acústica**. Dissertação de Mestrado, agosto, 1994.
- [7] HASSUI, A. **Estudo da vibração durante o corte e centelhamento na retificação cilíndrica de mergulho**. Tese de Doutorado, maio, 2002.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE SPARK-OUT TIME IN THE EXTERNAL CYLINDRICAL GRINDING OF HARD STEEL VC-131

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

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

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

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

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

Manoel Cléber de Sampaio Alves (UNESP - Bauru) mcleber@bol.com.br

Anselmo Eduardo Diniz (UNICAMP) anselmo@fem.unicamp.br

Abstract: *The cylindrical plunge grinding operation has been used in the process of manufacture of components that need excellent gotten superficial quality of low levels of dimensional accuracy. Spark-out time is a parameter that has been sufficiently used exactly for contributing for the attainment of good surfaces with satisfactory geometric precision. This time is defined as a period of inexistence of advances of abrasive tool, and has as purpose to allow that the elastic deformations appeared at the moment of the advance of abrasive tool are eliminated. The experimentation involving spark-out will be applied in the grinding operation using two types of coolant application, conventional and optimized.*

Key-words: *Grinding, Spark-out, Coolant application.*