

INVESTIGAÇÃO DA USINABILIDADE DE AÇOS E LIGAS NÃO-FERROSAS.

Jean Robert Pereira Rodrigues¹, Keyll Carlos Ribeiro Martins², José Roberto Pereira Rodrigues³, Lídia Santos Pereira Martins⁴, Antonio Francisco Fernandes de Vasconcelos⁴, Tiago do Espírito Santo Baldez Neves².

¹ Departamento de Engenharia Mecânica, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Estadual do Maranhão, Av. Lourenço Vieira da Silva, S/N – Cidade Universitária Paulo VI, Tirirical, CEP. 65.055-310, São Luís, MA, Brasil. E-mail: jrobert@cct.uema.br

² Departamento de Mecânica e Materiais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, São Luís, MA, Brasil.

³ Departamento de Tecnologia Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil.

⁴ Departamento de Química e Biologia, Centro de Educação, Ciências Exatas e Naturais, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

A usinabilidade interessa não somente aos fabricantes dos metais, bem como aos consumidores, aos fabricantes de ferramentas, enfim, a todos que se envolvem na produção de peças, por meio da formação do cavaco. A usinabilidade é uma propriedade que depende da interação entre o processo de fabricação e as características do material da peça. Tem uma grande influência na produtividade de uma empresa, razão pela qual existe um enorme interesse em se estabelecer métodos de ensaio. Este trabalho

procurou comprovar experimentalmente o efeito da velocidade, profundidade de corte e raio de ponta sobre as componentes da força de usinagem no torneamento. Os ensaios cobriram condições de corte recomendadas pelo fabricante das ferramentas e alguns testes utilizaram um fluido de corte comercialmente disponível, além de utilizar ferramentas de metal duro com e sem recobrimento. Os resultados obtidos revelam concordância com as descrições da literatura.

Palavras-chave: Aços, Fluido de Corte, Ligas não ferrosas, Torneamento, Usinagem.

ABSTRACT

MACHINABILITY INVESTIGATION OF STEEL AND NONFERROUS ALLOY

The machinability interests not only to the manufacturers of the metals, as well as to the consumers, the manufacturers of tools, finally, to all that wrap up in the production of pieces, through the formation of the chip. The machinability is a propriety that depend of interaction between the process of

manufacture and characteristic of piece material. It has a great influence in the productivity of a company, reason for the which exists interest enormous in settling down test methods. This paper looked for experimentally to prove the effect of the speed, depth of cutting and ray of tip on the

components of the force of machining in the tilting. The assays had covered conditions of cut recommended by the manufacturer of the tools and some tests had used a fluid of

commercially available cutting, besides using hard metal tools with and without covering. The gotten results disclose agreement with the descriptions of literature.

Keywords. Machining, Turning, Cutting force, Steels, Cutting Fluid.

INTRODUÇÃO

Usinabilidade é o termo mais frequentemente usado para denotar o desempenho de usinagem de um material; pode ser definida pela capacidade de um material ser cortado ou usinado por uma ferramenta apropriada. A avaliação quantitativa deste parâmetro, no entanto, é um problema de dificuldade considerável, por causa da variedade de conotações associadas com o termo. Não é possível descrever usinabilidade em função de unidades fundamentais, e como resultado, a expressão mais prática usada para avaliar a usinabilidade de um material é relativa, isto quer dizer, comparativa. Diversos métodos têm sido usados para avaliar a usinabilidade de vários materiais. Muitos desses métodos são baseados em resultados de testes de vida da ferramenta- velocidade de corte, ou em medições de forças da ferramenta ou quantidades relacionadas a tais testes (PIMENTEL et al., 2004; MACHADO et al., 2009 e TRENT et al., 1984).

O torneamento é um processo de usinagem largamente utilizado nas indústrias para a produção das mais variadas peças e componentes. No objetivo de se obter informações para um maior entendimento sobre este processo, torna-se interessante fazer o estudo das forças de usinagem (SHAW, 2005; STEMMER, 2005).

As forças de usinagem influenciam o desenvolvimento de mecanismos de desgaste e podem determinar o colapso da ferramenta

de corte (MILLS, 1983 e KITAGAWA, 1997). O monitoramento de forças de corte tem se tornado um valioso instrumento de controle do desgaste das ferramentas de corte. As forças de usinagem podem ainda representar um índice de usinabilidade e funcionar como parâmetro para controle adaptativo de processo (MACHADO et al., 2009 e MOCELLIN et al., 2004).

Conhecendo-se as forças atuantes sobre a ferramenta de corte, pode-se não só estimar a potência necessária à realização do corte, como também dispor de valores importantes para a construção de máquinas-ferramentas rígidas capazes de garantir uma melhor performance (PEREIRA et al., 2006).

Análises científicas da usinagem dos metais, também requerem conhecimentos das forças, e nos últimos anos muitos dinamômetros capazes de medir forças com considerável precisão foram desenvolvidos (Rodrigues e Rodrigues, 2005). O presente trabalho tem como objetivo estudar as componentes da força de usinagem no torneamento de ligas não ferrosas e aços ferrosos ABNT 1020 e 1045. Os resultados obtidos no presente trabalho revelam concordância com as descrições da literatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho foram utilizados os seguintes equipamentos: Um torno IMOR - MAXI - II -520; Um dinamômetro KISTLER tipo 9443B; Um amplificador multicanal tipo 5019A; Um microcomputador AT 486

equipado com uma placa de aquisição de dados e programa para leitura e conversão dos dados de (pC) para (N). Já os parâmetros,

o materiais da peça, o fluido de corte bem como as ferramentas são apresentados na Tab. 1.

Tab. 1. Materiais da peça, fluido de corte e ferramentas empregados nos experimentos

Parâmetros variados		Materiais da peça	
vc	16 a 222 m/mim	Bronze	ϕ 1 1/2" x 300 mm
		Latão	ϕ 1 1/2" x 300 mm
f	0,138 a 0,277 mm/rev	Cobre	ϕ 2" x 300 mm
		Alumínio	ϕ 2" x 300 mm
ap	0,5 a 3 mm	Aço ABNT 1020	ϕ 2" x 300 mm
		Aço ABNT 1045	ϕ 3" x 300 mm
rp	0,4 ; 0,8 e 1,2 mm	Fluido de corte	
		Emulsionável com concentração 5% -Dromus Bx	
Ferramentas de Metal Duro Classe ISSO P20			
Com revestimento (TiN) - SPUN 1203 08		Sem revestimento - SPUN 1203 08	
Com revestimento (TiN) -TPMR 1603 04		Com revestimento (TiN) -TPMR 1603 08	
Com revestimento (TiN) -TPMR 1603 12			

O programa utilizado para a aquisição dos dados, foi configurado para fazer 150 leituras a cada teste. Cada teste foi repetido três vezes

e foi tomado como resultado, a média aritmética dos 3 valores. A Fig. 1 mostra a montagem do sistema usado nos ensaios.

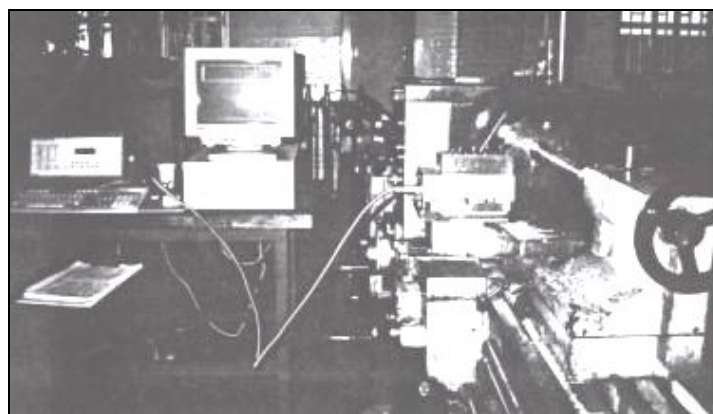


Figura 1. Montagem do sistema de medição de forças (kistler), ao lado do torno.

Os testes de variação de velocidade e profundidade de corte para os seis materiais, foram realizados a seco utilizando-se ferramentas de metal duro classe ISO P, com revestimento e ângulo de saída 6° e ângulo de posição 75°.

Para os testes onde eram consideradas as variações do avanço foram utilizadas os

mesmas parâmetros de corte em três condições distintas:

- Teste com ferramentas revestidas e a seco
- Teste com ferramentas revestidas com fluido de corte.

- Teste com e ferramentas não revestidas e a seco.

O objetivo foi comparar o efeito de fluido na força de corte, bem como também ferramentas com e sem revestimento no torneamento a seco.

Nos testes para variação do raio de ponta, foram utilizadas ferramentas classe ISO P, com revestimento e ângulo de saída 6° e ângulo de posição 60° , raios de ponta 0,4; 0,8 e 1.2 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito da Velocidade de Corte

A observação dos gráficos da Fig. 2 revelam que um aumento no valor da

velocidade de corte o que implicou na redução dos valores de força de corte.

Machado et al. (2009) afirmam que a maior geração de calor associada ao aumento da velocidade de corte e conseqüente redução na resistência ao cisalhamento do material nas zonas de cisalhamento aliada à ligeira redução na área de contato cavaco-ferramenta concorrem para que a força de usinagem sofra também uma ligeira redução em seu valor.

Os autores salientam ainda que na faixa de velocidade industrial esta variável teria pouca influência nos valores de força de usinagem. Logo, salvo pequenas diferenças, os resultados obtidos concordam com os descritos na literatura.

Velocidade de corte x Forças de corte

Ferramenta com revestimento e a seco

$V_c = (16,62 \text{ a } 222,11 \text{ m/min})$ $f = 0,138 \text{ mm/rev}$

$a_p = 1 \text{ mm}$

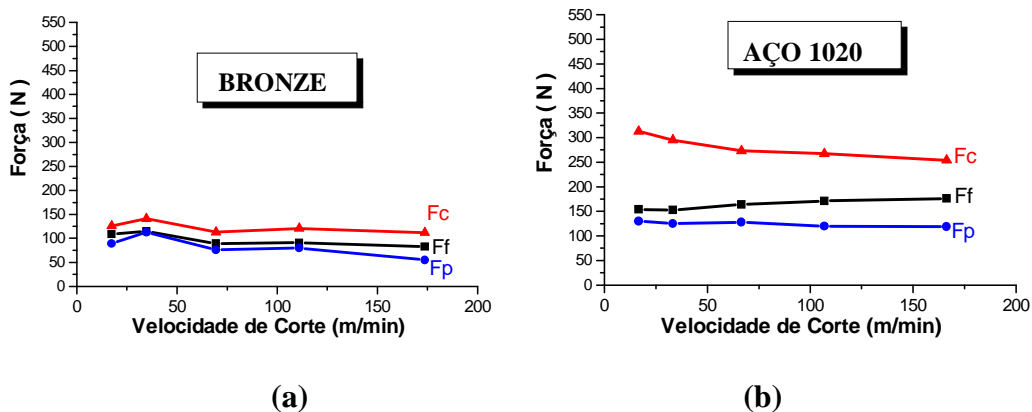


Figura 2. Resultados do efeito da velocidade de corte x força de corte para as amostras : a) Bronze e b) aço 1020 .

Efeito da Profundidade de Corte

Através dos testes realizados sobre os demais materiais, podemos observar pelos gráficos da Fig. 3, a influência da profundidade de corte durante o processo de torneamento, a qual exerceu uma influência significativa nas componentes da força de usinagem. Com o aumento da profundidade de corte se eleva a taxa de remoção de material, bem como a área de contato entre o cavaco e a ferramenta, onde o cavaco encontra uma restrição (aumento na resistência ao movimento do cavaco) ao seu deslizamento sobre a superfície de saída, mais precisamente na zona de aderência, de tal maneira que causa um aumento das componentes da força de usinagem, numa

proporção direta quase que linear (Vieira, 2001).

Podemos destacar, que devido ao aumento progressivo no fluxo de material na zona de cisalhamento secundário, as tensões normais são elevadas, e isso dificulta mais ainda o deslizamento deste material sobre superfície de saída, consequentemente a força de corte é elevada.

Observamos também que de um modo geral a força de corte (F_c) foi a maior, seguida pelas força de avanço (F_f) e a força passiva (F_p). Isso era esperado devido a configuração final da geometria da ferramenta que resultou em um ângulo de posição de 75° . Para pequenos valores de profundidade, tal como 0,5 mm, tivemos uma inversão de valores entre a força passiva e a de avanço.

Profundidade de corte x Forças de corte

Com revestimento e a seco

$V_c = 86$ m/min

$f = 0,138$ mm/rev

$a_p = (0,5 \text{ a } 3 \text{ mm})$

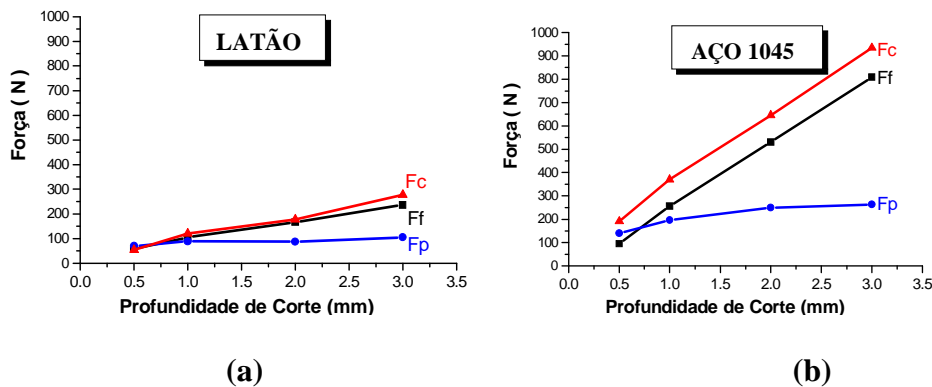


Figura 3. Resultados do efeito da profundidade de corte x força de corte para : a) Latão e b) aço 1045.

Efeito do Raio de Ponta

Através do gráfico da Fig. 4 podemos perceber que a proporção que se varia o raio de ponta da ferramenta, este não exerce muita influência sobre as componentes da força de usinagem, pois observamos que as linhas que fazem parte da construção dos gráficos apresentam-se levemente inclinadas, na maioria dos casos, isto pode ser explicado pela pequena profundidade de corte utilizada

(1mm) apenas. O gráfico da Fig. 4a para o cobre foi o que apresentou maior influência do raio de ponta sobre a força de usinagem. A grande ductilidade do material junto com o pequeno aumento da área de contato devido o aumento do raio de ponta talvez tenha sido a principal explicação. Semelhante aos gráficos da profundidade e velocidade de corte, a distribuição das componentes da força de usinagem apresentam da seguinte forma: $F_c > F_f > F_p$.

Raio de ponta x Forças de corte

Ferramenta com revestimento e a seco

$V_c = 91$ m/min

$f = 0,169$ mm/rev

$a_p = 1$ mm

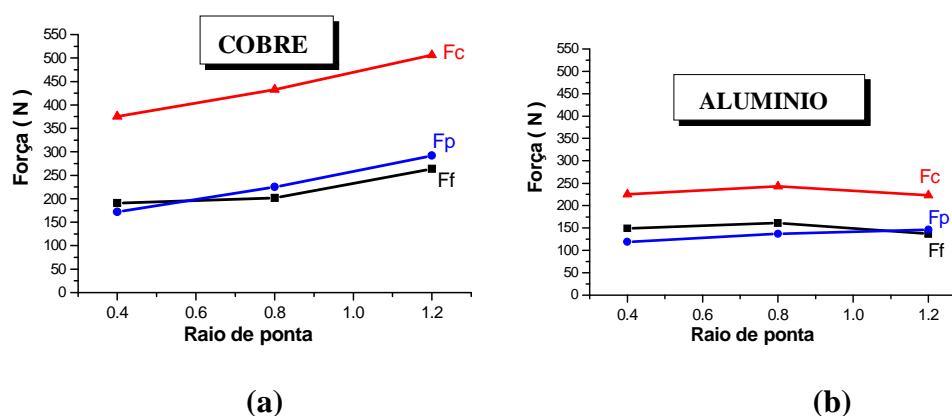


Figura 4. Resultados do efeito do raio de ponta x força de corte para : a) Cobre e b) Alumínio.

Os resultados obtidos durante os experimentos mostram que dependendo das condições de usinagem adotadas durante o processo de torneamento, a classificação de usinabilidade dos materiais pode mudar. Para a maioria dos testes, o Cobre (alta ductilidade) e o Aço 1045 (grande resistência ao cisalhamento) tiveram as maiores forças de corte, acompanhados pelo alumínio (dúctil) e Aço 1020 (resistente ao cisalhamento), e por final o Latão e Bronze (baixa resistência e ductilidade).

CONCLUSÕES

- Em concordância com o apontado na literatura, o aumento da velocidade de corte em geral produz uma redução na força de usinagem, porém este efeito é pequeno. Já o raio de ponta não teve muito efeito sobre na magnitude da força de corte.
- A profundidade de corte provocou um aumento na força de usinagem maior que os demais parâmetros de

usinagem, durante a operação de torneamento.

- Nos testes realizados verificamos que a força de corte (F_c) foi a maior de todas, acompanhadas pela (F_f) e (F_p), e que para valores de profundidade de corte acima de 0,5, a força de avanço (F_f) era maior que a força passiva (F_p).
- As forças de corte foram menores para a usinagem com ferramentas revestidas do que com as sem revestimento, quando na usinagem dos Aços ABNT 1045, 1020 e Alumínio. Efeito contrario foi constatado ao usinar o Bronze, o Latão e o Cobre, que tiveram forças maiores. Acredita-se que isso é o resultado da afinidade química do material da ferramenta com o material da peça.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelo suporte financeiro na forma de bolsa.

REFERÊNCIAS

KITAGAWA, T. KUTO, A.; MAEKAWA, K. Temperature and wear of cutting tools in high speed machining of Inconel and Ti-6Al-6V-2Sn. *Wear* 202, 1997, pp. 142-148.

MACHADO, A., COELHO, R. C., ABRÃO, A. M., DA SILVA, M. B. Teoria da Usinagem dos Materiais. Editora Edgar Blücher Ltda, 2009.

MILLS, B.; REDFORD, A. H., *Machinability of Engineering Materials*.

Applied Science Publishers, Essex England. 1983.123p.

MOCELLIN, F., MELLERAS, E. e GUESSER, W. L. Study of Machinability of Compacted Graphite Irons for Drilling Process. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, v. 26, 2004. pp 22- 7.

PEREIRA, A. A. ; BOEHS, L. ; GUESSER, W. L. The Influence of Sulfur on the Machinability of Grey Cast Iron FC25. *Journal of Materials Processing Technology*, v.179, 2006, p. 1-7.

PIMENTEL, M. F., PRADO, E. L., MIYADA, K. Avaliação da Usinabilidade dos Aços de Corte Fácil Através da Elaboração de Curvas de Usinabilidade (Curvas de Taylor) com Uso de Ferramentas de Corte de Aço Rápido. In: 59º Congresso Anual da ABM – International, 19 a 22 de Julho de 2004. São Paulo/SP. pp. 1-9.

RODRIGUES, J.R.P, RODRIGUES, J.R.P., Componentes da força de usinagem no processamento de ligas não ferrosas e aços. *Maquinas e Metais*, v.476, p.42-53, 2005.

SHAW, M.C. *Metal cutting principles*.2ª ed. New York: Oxford University. Press, 2005.

STEMMER, C.E. *Ferramentas de Corte I*. Editora da UFSC, 6ª Edição, Florianópolis, 2005.

TRENT, E. M. *Metal Cutting*, 2nd ed, Butterworth, London, 1984. p. 245.

VIEIRA, J.M., MACHADO, A.R.; EZUGWU. E.O. Performance of cutting fluids during face milling of steels”. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 16, p. 244-251, 2001.