

COMPONENTES DA FORÇA DE USINAGEM NO TORNEAMENTO DE LIGAS NÃO FERROSAS E AÇOS

Jean Robert P. Rodrigues

Departamento de Engenharia de Materiais - Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP, Rua Mendeleiev, s/n - Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo, 13083 – 970 – CP 6122 - Campinas – SP.

jrobet@fem.unicamp.br

José Roberto P. Rodrigues

Departamento de Engenharia de Materiais - Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP, Rua Mendeleiev, s/n - Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo, 13083 – 970 – CP 6122 - Campinas – SP.

jroberto@fem.unicamp.br

Resumo. *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: *Usinagem de aço, Usinagem de ligas não-ferrosas, Torneamento, Forças de corte.*

1. INTRODUÇÃO

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, 1984).

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.

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 tem-se constituído 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, 1994).

Análises científicas da usinagem dos metais, também requerem conhecimentos das forças, e nos últimos 90 anos muitos dinamômetros capazes de medir forças com considerável precisão foram desenvolvidos (Trent, 1986).

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.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1. Materiais , Parâmetros e Equipamentos utilizados.

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).

Parâmetros variados :

- v_c (16 a 222 m/mim)
- f (0,138 a 0,277 mm/rev)
- ap (0,5 a 3 mm)
- rp (0,4 ; 0,8 ; 1,2 mm)

Materiais da peça:

- Bronze ϕ 1 ½ " x 300 mm;
- Latão ϕ 1 ½ " x 300 mm;
- Cobre ϕ 2 " x 300 mm
- Alumínio ϕ 2" x 300 mm;
- Aço ABNT 1020 ϕ 2 " x 300 mm;
- Aço ABNT 1045 ϕ 3" x 300 mm.

Fluido de corte:

- Emulsionável com concentração 5% -Dromus Bx

Ferramentas:

- Metal duro classe ISO P20 com revestimento (TiN) - SPUN 1203 08
- Metal duro classe ISO P20 sem revestimento - SPUN 1203 08
- Metal duro classe ISO P20 com revestimento (TiN) -TPMR 1603 04
- Metal duro classe ISO P20 com revestimento (TiN) -TPMR 1603 08
- Metal duro classe ISO P20 com revestimento (TiN) -TPMR 1603 12

2.2 Montagem do Sistema :

A fig.(1) mostra a montagem do sistema usado nos ensaios.

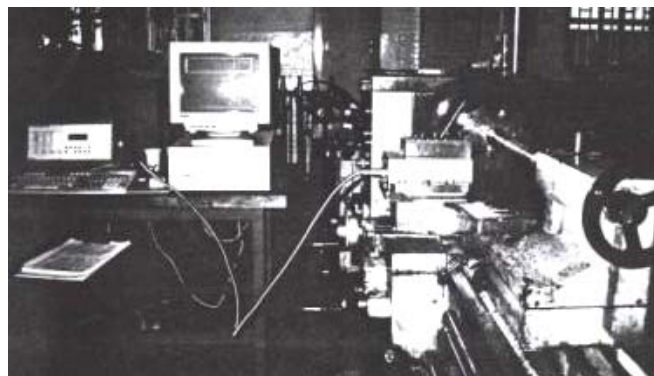


Figura 1. Montagem do sistema de medição de forças (kistler), ao lado do torno.

2.3 Testes

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.

Os teste 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 a variação do avanço foram utilizadas os mesmos 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 angulo de saída 6° e angulo de posição 60°, raios de ponta 0,4; 0,8 e 1.2 mm.

3. RESULTADOS E DISCURSÕES

3.1. Efeito da Velocidade de Corte

A observação dos gráficos das fig. 2 revelam que um aumento no valor da velocidade de corte implicou na redução dos valores de força de corte.

Machado et all. (1994) 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.

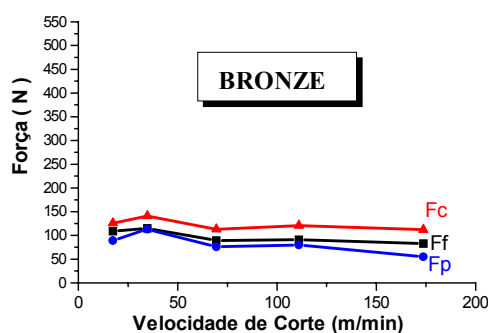
Os autores salientam ainda que na faixa de velocidade industrial esta variável teria pouca influência nos valores de força de usinagem. Logo, excetuando-se pequenas diferenças, os resultados obtidos concordam com os descritos na literatura.

Velocidade de corte X Forcas de corte

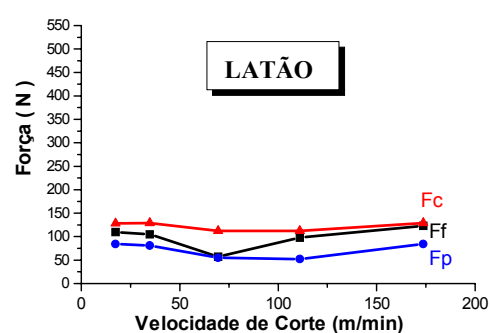
Ferramenta com revestimento e a seco

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

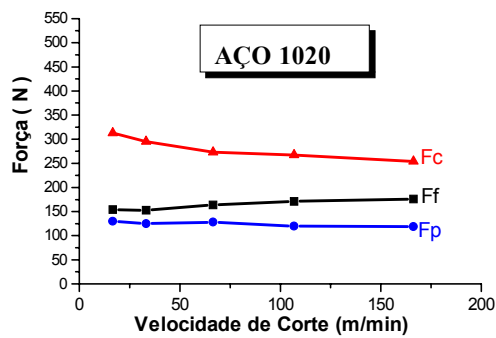
$a_p = 1 \text{ mm}$



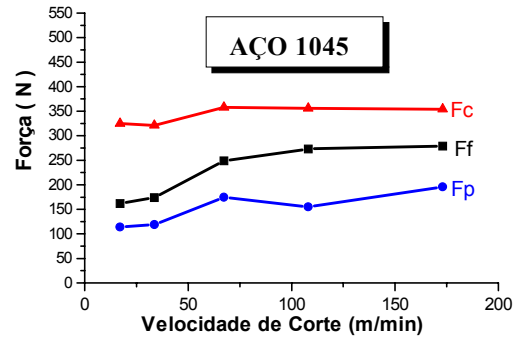
(a)



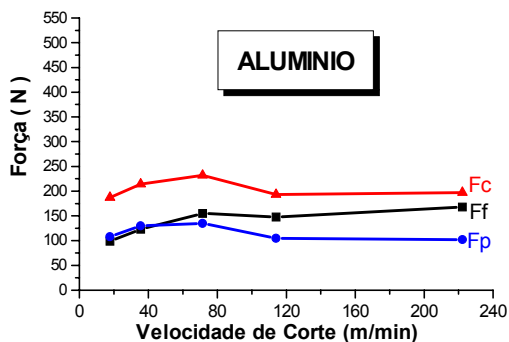
(b)



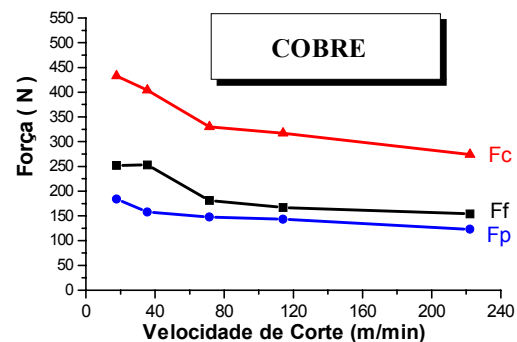
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 2. Resultados do efeito da velocidade de corte x força de corte para as amostras : a) Bronze, b) Latão , c) aço 1020, d) aço 1045 , e) Alumínio e f) Cobre.

3.2 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 aumenta-se 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

$V_c = 86 \text{ m/min}$

$f = 0,138 \text{ mm/rev}$

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

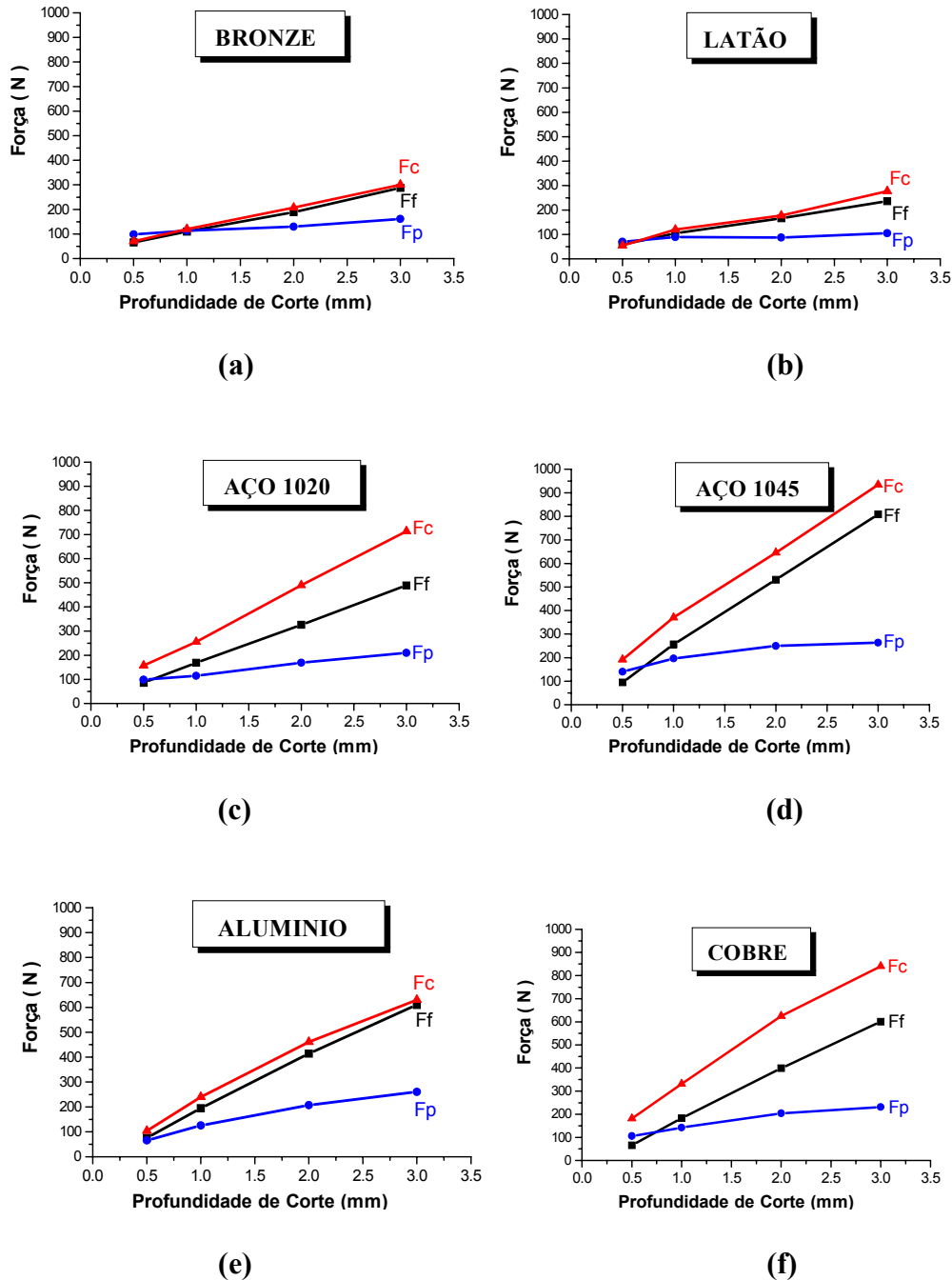


Figura 3. Resultados do efeito da profundidade de corte x força de corte para : a) Bronze, b) Latão , c) aço 1020, d) aço 1045 , e) Alumínio e f) Cobre.

3.3 Efeito do Raio de Ponta

Através dos gráficos 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. (4e) 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

$V_c = 91 \text{ m/min}$

$f = 0,169 \text{ mm/rev}$

$a_p = 1 \text{ mm}$

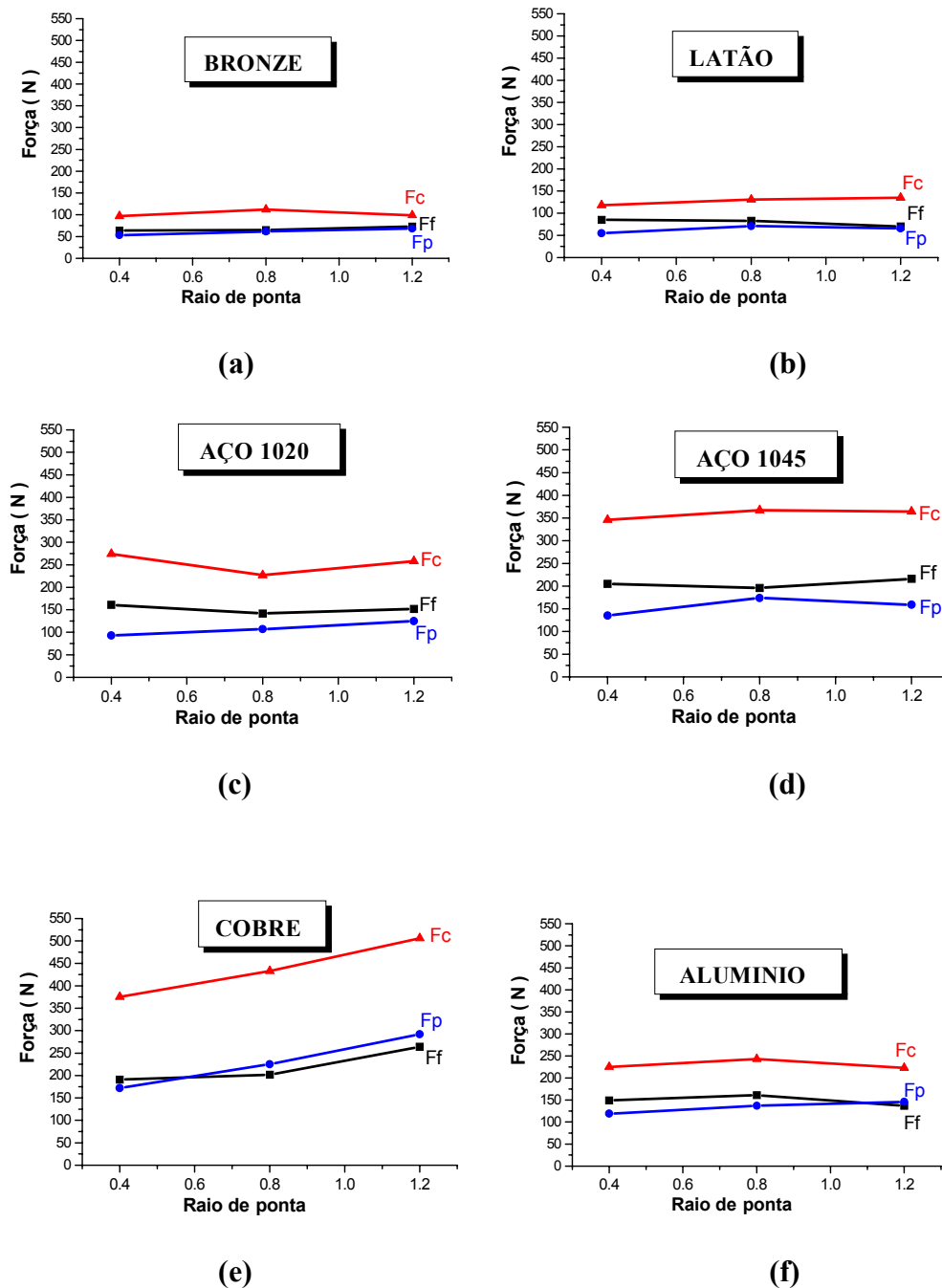


Figura 4. Resultados do efeito do raio de ponta x força de corte para : a) Bronze, b) Latão , c) Aço 1020, d) Aço 1045 , e) Cobre e f) Alumínio.

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 teste o Cobre(alta ductilidade) e o Aço 1045 (grande resistencia 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).

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir dos resultados obtidos que:

- 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 observado quando na usinagem do Bronze, Latão e Cobre que tiveram forças maiores. Isto pode ter sido consequência da afinidade química do material da ferramenta com o material da peça.

5. AGRADECIMENTOS

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

6. REFERENCIAS

- Derrien, S and Vigneau, J., 1997., “High speed milling of difficult to machine alloys. In: A. Molinari, H. Schulz and H. Schulz, Editors.
- Ferraresi, D., 1977., “Fundamentos da Usinagem dos Metais”. Ed Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 345p.
- Kitagawa, T. Kubo, A and Maekawa, K., 1997., “Temperature and wear of cutting tools in high speed machining of Inconel and Ti-6Al-6V-2Sn”. Wear 202, pp. 142-148
- Machado, A. R., da SILVA, M. B., 1994., “Usinagem dos Metais”. Ed. da UFU, Uberlândia, Brasil
- Mills, B. e Redford, A. H., 1983., “Machinability of Engineering Materials”, Applied Science Publishers, Essex England.
- Shaw, M. C., 1984., “Metal Cutting Principles”, Clarendon Press, Oxford.
- Trent, E. M., 1986., “Metal Cutting”, 2 ed Edition, Butterworth Londo, pp. 245.
- Vieira, J.M., Machado., A.R. and Ezugwu. E.O., 2001. “Performance of cutting fluids during face milling of steels”. Journal of Materials Processing Technology., 16 , pp. 244-251.

7. DIREITO AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

Component of the Forces of Machining in the Turning of Nonferrous Alloy and Steel.

Jean Robert P. Rodrigues

Faculdade de Engenharia Mecânica - Unicamp, Rua Mendeleiev, s/n - Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo, 13083 – 970 – CP 6122 - Campinas – SP.

jrobet@fem.unicamp.br

José Roberto P. Rodrigues

Faculdade de Engenharia Mecânica - Unicamp, Rua Mendeleiev, s/n - Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo, 13083 – 970 – CP 6122 - Campinas – SP.

jroberto@fem.unicamp.br

***Abstrat.** 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 of force, Steel.*