



Instituto Politécnico, Nova Friburgo  
August 30<sup>th</sup> - September 3<sup>rd</sup>, 2004

Paper CRE04 – PF26

## Determinação Teórica e Aquisição Prática da Força de Corte no Torneamento de Ferros Fundidos Nodulares Perlítico e Ferrítico

Guilherme Gustavo Capudi Filho<sup>1</sup>, Rolf Bertrand Schroeter<sup>2</sup>

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Laboratório de Mecânica de Precisão

Campus Universitário – Trindade – EMC

Caixa Postal 476 – Florianópolis – SC – Brasil, CEP 88010-970

<sup>1</sup>capudi@pop.com.br <sup>2</sup>rolf@imp.ufsc.br

O processo de torneamento é de grande importância e utilização na área de fabricação de peças. As pesquisas relacionadas à usinagem proporcionam resultados de grande interesse para a indústria. Os fabricantes que respeitam a competitividade existente no mercado buscam constantemente a melhoria e otimização em suas linhas de produção, onde a usinagem é responsável por uma importante parcela de tempo e capital. Seja na indústria automotiva, de compressores, máquinas etc., um dos materiais de maior aplicação no mercado é o ferro fundido. As propriedades mecânicas, o baixo custo e a possibilidade de obtenção de peças próximas da geometria final são apenas alguns dos motivos pelos quais o ferro fundido é largamente utilizado [1]. Para a realização deste trabalho foram utilizados dois tipos de ferro fundido: nodular perlítico (GGG 60) e nodular ferrítico (GGG 40).

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um procedimento teórico baseado no modelo de Kienzle, visando estimar a força de corte no torneamento. Para isso foi preciso estabelecer um paralelo entre teoria e prática, adquirindo sinais reais de força. Outro aspecto abordado foi a obtenção do valor da força específica de corte unitária  $k_{c1.1}$  dos materiais mediante a realização de ensaios. O valor desta constante é de extrema importância na escolha de um material a ser usinado para a fabricação de uma determinada peça, já que ele indica o esforço necessário para se obter um cavaco de área unitária do material. A sua grandeza influenciará no desgaste da ferramenta, potência consumida e na própria força de corte [2]. Os ensaios foram realizados com base no procedimento a seguir: corpos de prova com 105 mm de diâmetro e 400 mm de comprimento útil a usinar foram torneados com ferramentas de metal-duro novas e previamente desgastadas. A geometria das ferramentas consiste em um ângulo de incidência  $\alpha$  de  $6^\circ$ , ângulos de saída  $\gamma$  e inclinação do gume  $\lambda$  de  $-6^\circ$  e ângulo de direção do gume principal  $\chi$  de  $95^\circ$ , bem como um raio de quina  $r_\epsilon$  de 0,4 mm. Foram utilizados três avanços diferentes: 0,20 mm, 0,25 mm e 0,30 mm. A profundidade de corte  $a_p$  foi mantida constante em 2 mm. As diferentes velocidades de corte utilizadas foram 150, 200 e 250 m/min. Foram realizadas ao todo 72 aquisições de força. Valores maiores foram obtidos com as ferramentas desgastadas, sendo que as ferramentas novas proporcionaram menores esforços. A tabela a seguir apresenta, para os diferentes avanços e para a velocidade de corte de 150 m/min, os valores de  $F_c/b$  obtidos e os valores de  $h$  calculados.  $F_c$  corresponde à força de corte,  $b$  à largura de corte e  $h$  à espessura de corte.

Tabela 1:  $F_c/b$  em função de  $h$  para a velocidade de corte de 150 m/min.

f [mm]	$F_c/b$ [N/mm]	h [mm]
<i>Ferro fundido nodular perlítico</i>		
0,20	383,22	0,199
0,25	439,65	0,249
0,30	525,46	0,299
<i>Ferro fundido nodular ferrítico</i>		
0,20	342,88	0,199
0,25	398,35	0,249
0,30	468,11	0,299

De posse de um conjunto de valores como o da tabela 1 e seguindo o procedimento de Kienzle, pode-se traçar os gráficos de  $F_c/b$  em função de  $h$ , em escala bi-log, como segue:

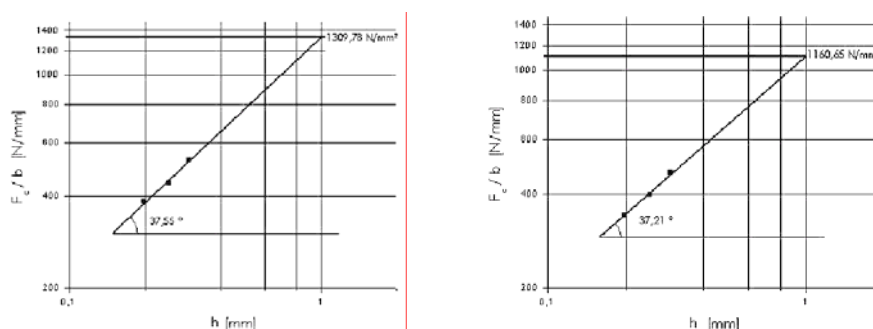


Figura 1: Gráficos de  $F_c/b$  em função de  $h$  para a obtenção do  $k_{c1.1}$  dos materiais perlítico (esquerda) e ferrítico (direita).

A estimativa dos valores de força de corte foi realizada com base nos valores de  $k_{c1.1}$  obtidos pelo procedimento acima apresentado. Esta constante foi a base para a obtenção da força específica de corte  $k_c$ , que por sua vez foi corrigida em função da geometria das ferramentas utilizadas, em função da velocidade de corte, do processo de usinagem (torneamento) e, finalmente, em função do desgaste da ferramenta. De posse do valor de  $k_c$  devidamente corrigido, os seguintes valores de força foram calculados:

Tabela 2: Estimativas para a grandeza força de corte  $F_c$ .

Material	Perlítico			Ferrítico		
	$f$ [mm]	$F_c$ [N]	$F_c$ [N]	$F_c$ [N]	$F_c$ [N]	$F_c$ [N]
$v_c$ [m/min]	0,20	0,25	0,30	0,20	0,25	0,30
150	878	1043	1200	789	936	1075
200	840	986	1124	763	889	1006
250	850	1005	1151	744	887	1024

Os valores acima apresentados foram comparados com os valores reais obtidos nos ensaios e chegou-se à conclusão de que o erro nas estimativas foi constante e da ordem de 15%.

Os resultados obtidos na execução deste trabalho ajudaram a identificar o efeito do erro sistemático presente no procedimento de estimativa de força de corte utilizado. Além disso, foi sistematizado um método simples para a obtenção do  $k_{c1.1}$  dos materiais. Através da realização de ensaios com diferentes velocidades de corte foi possível observar a diferença de valores no cálculo do  $k_{c1.1}$ , além da variação do valor da força de corte entre diferentes velocidades. A diferença de propriedades dos dois tipos de ferro fundido ficou clara, já que tanto os valores de  $k_{c1.1}$  quanto os valores de força foram maiores para o ferro fundido nodular perlítico.

## REFERÊNCIAS

- [1] Capudi Filho, G. G., Estimativa teórica, a partir do modelo de Kienzle, e determinação prática da Força de Corte na usinagem de Ferros Fundidos Nodulares, *Trabalho submetido à avaliação na disciplina de Fabricação Experimental - UFSC, Florianópolis, 2002.*
- [2] Stemmer, C. E., Ferramentas de Corte I, 4ª. Ed., Editora da UFSC, Florianópolis, 1995.