

# SIMULAÇÃO NUMÉRICA DOS ESFORÇOS NO PROCESSO DE FRESAMENTO EXTERNO DE MUNHÕES DE VIRABREQUIM

D. C. Domingos (1), L. Sena (1), R. B. Schroeter (1), A. M. G. Boeira (1)

(1) Departamento de Engenharia Mecânica, Laboratório de Mecânica de Precisão, Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal - 476 - EMC, Campus Universitário, Trindade, Florianópolis, SC, CEP 88.040-970

**Palavras-chave:** fresamento, simulação, forças de usinagem, virabrequim

## RESUMO

O virabrequim é um dos componentes de maior importância num motor de combustão interna, sendo nele resumida a função de transformação do movimento linear alternado dos pistões em movimento circular. Este componente apresenta geometria complexa, tornando necessário, para a sua fabricação, o emprego de processos especiais de usinagem, como por exemplo o fresamento externo (*Aussenfräsen*) dos munhões (Sandvik, s.d.; Boehringer, 2000).

A ferramenta utilizada nesta operação apresenta forma de disco. Várias pastilhas são montadas na periferia deste disco, em diferentes posições angulares, com mesmo raio de afastamento em relação ao centro do disco de fresar. O fresamento externo dos munhões do virabrequim torna-se uma operação complexa por se tratar de uma usinagem fora de centro, onde o centro de giro do virabrequim não coincide com o centro de giro de usinagem, que neste caso é o centro do munhão.

Simular um processo de usinagem consiste em representá-lo e analisá-lo numericamente com o auxílio de um modelo matemático próximo do real. A simulação e o modelamento apresentam-se como fortes tendências nas áreas de pesquisa científica, tecnológica e industrial, devido às vantagens que podem oferecer em termos de redução de custos e tempo para conclusão de um projeto, Freitas,(s.d.); Peng, (1999). A partir da simulação da cinemática do processo de fresamento externo de munhão de virabrequim, com a determinação da trajetória entre dois gumes sucessivos e da espessura do cavaco teórico produzido, pode-se estimar os esforços que ocorrem durante o processo de corte utilizando modelos dinâmicos relacionados ao processo de formação do cavaco. O conhecimento das forças de corte envolvidas permite um maior domínio do processo e uma conseqüente otimização do mesmo, König (1997); Stemmer (1993).

Este trabalho trata da simulação numérica do comportamento dinâmico do fresamento externo pela aplicação do clássico modelo de força, proposto por Kienzle. Sobre este modelo, são aplicados fatores de correção que permitem o estreitamento entre os resultados gerados pelo modelo numérico e aqueles obtidos por medições em ensaios práticos, equação 1, Lieber (s.d.).

$$F_c = k_{c1.1} \times b \times h^{(1-m_c)} \times k \quad (1)$$

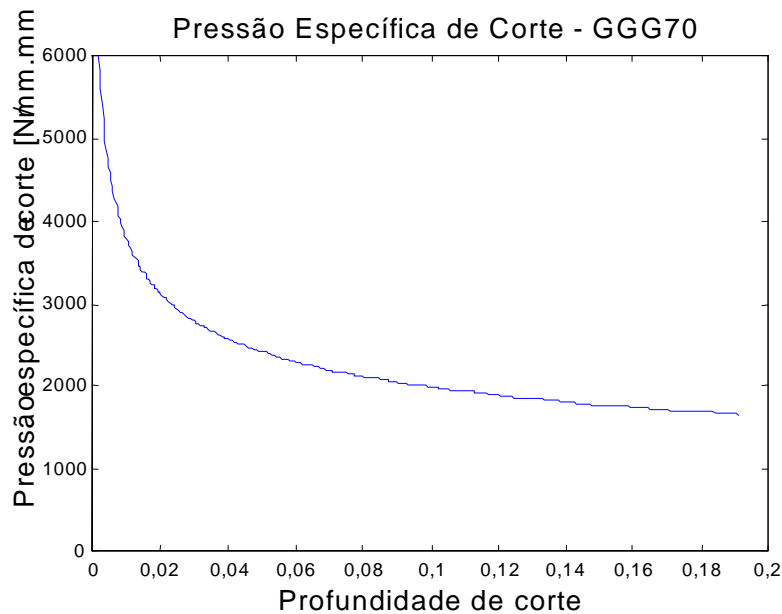
Tais fatores de correção são oriundos de pesquisas científicas na área de usinagem e permitem uma melhor estimativa do valor da pressão específica de corte  $k_{c1.1}$  (grandeza de relevante importância no modelo citado). O fator de correção  $k$  resume os diversos outros. Segundo Lieber (s.d.) vários fatores podem ser utilizados na correção  $k$ . Eles estão resumidos na equação 2 e suas respectivas denominações estão na tabela 1:

$$k = k_\gamma \times k_v \times k_{ver} \times k_{st} \quad (2)$$

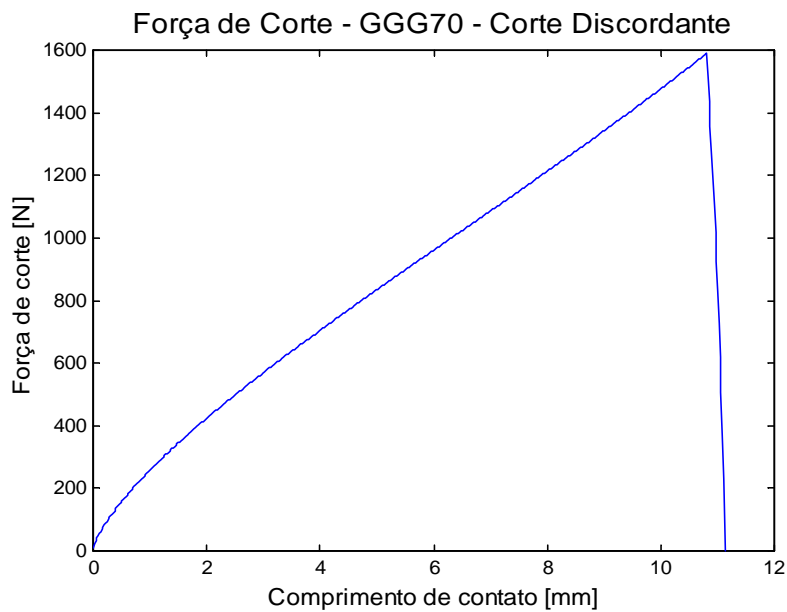
**Tabela 1** – denominações dos fatores de correção

$k_r$	- fator de correção para o ângulo de saída;
$k_v$	- fator de correção para a velocidade de corte;
$k_{ver}$	- fator de correção para o desgaste da ferramenta de corte;
$k_{st}$	- fator de correção para o recalque de material.

A simulação foi feita com o auxílio de uma ferramenta de matemática computacional e alguns dos resultados gerados são expostos a seguir, nas figura 1 e 2.



**Figura 1** – Simulação da variação da pressão específica de corte no fresamento discordante do ferro fundido nodular GGG70



**Figura 2** – Simulação da variação da força de corte no fresamento discordante do ferro fundido nodular GGG70

As condições simuladas foram: rotação da ferramenta  $n_f = 100$  rpm, rotação do virabrequim  $n_v = 10$  rpm, raio inicial do munhão  $r_m = 25$  mm, diâmetro da ferramenta  $D = 700$  mm, ângulo de defasagem entre dois gumes  $\psi = 7^\circ$ , profundidade de corte inicial  $a_{pi} = 3$  mm e fresamento discordante.

O processo teórico de formação de cavaco foi, com isto, descrito de maneira a possibilitar respostas para várias questões a respeito do sistema real. Pela determinação do modo de formação do cavaco teórico tornou-se possível o emprego do modelo de Kienzle, que permitiu a análise das solicitações mecânicas que atuam durante o processo de fresamento externo dos munhões.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**Sandvik-Coromant - Tools for Crankshaft and Crankshaft Machining, C-340:824 ENG, Alemanha, s.d..**

**Boehringer - Technologies for Crankshaft Machining, Boe 407/e/07, Alemanha, 2001.**

**Freitas F<sup>o</sup>, P. J. - Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Informática e Estatística, Apostila, Florianópolis, s.d..**

**Peng, V., Van Luttervelt, C. A. - Symbiosis of Modeling and Sensing to Improve the Accuracy of Workpieces in Small Batch Machining Operations, Advanced Manufacturing Technology, n. 15, p. 699-710, 1999.**

**König, W. - Fertigungsverfahren: Drehen, Fräsen, Böhren, 5. ed. VDI, Düsseldorf, 1997.**

**Stemmer, C. E. - Ferramentas de corte I, 3. ed. Ed. UFSC, Florianópolis, 1993.**

**Lieber, T. Grundlagen der Zerspanungstechnik. Disponível em:**

**<http://www.vrz.net/polydo/down/wm/zerspanung.pdf> . Acesso: 23/03/2002.**