

## MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO FRESAMENTO EXTERNO DE MUNHÕES DE VIRABREQUIM

C. M. Bastos (1), A. P. M. Tanaka (1), A. G. Boeira (1), R. B. Schroeter (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 88.040-9170

**Palavras-chave:** fresamento, simulação, cinemática, virabrequim

### RESUMO

Em motores de combustão interna, a energia calorífica gerada na queima do combustível é transformada em energia mecânica através do deslocamento do pistão. O movimento linear do pistão é convertido em movimento rotativo do virabrequim através da biela, transmitindo deste modo a potência do motor à caixa de mudanças de marcha e, finalmente, às rodas.

O processo de fabricação do virabrequim, após a fundição ou forjamento, apresenta várias etapas de usinagem, tais como: torneamento, furação, torno-brochamento (*Drehräumen*), fresamento externo (*Aussenfräsen*), dentre outros (Sandvik, S.d., Bohringer, 2001).

O fresamento externo é aplicado, de forma geral, na usinagem de superfícies cilíndricas e de revolução. A ferramenta é constituída de um disco com pastilhas fixadas na periferia, com mesmo raio de afastamento em relação ao centro do disco. A velocidade de corte é proporcionada pelo diferença entre o movimento de rotação da ferramenta e da peça, sendo a velocidade do disco de corte maior que a da peça.

A usinagem do munhão por fresamento externo é caracterizado pela rotação lenta do virabrequim ao redor da linha de centro do mancal principal, o qual fornece o avanço de corte circular sobre o seu raio, e a rotação do disco de fresar proporciona a velocidade de corte requerida. O centro do disco de corte segue um movimento linear, enquanto o virabrequim rotaciona em torno do eixo do mancal principal, mantendo constante a distância entre os centros do disco de corte e do munhão.

O presente trabalho trata da modelagem e simulação da cinemática do processo de fresamento externo dos munhões do virabrequim, de forma a obter o comprimento de contato da ferramenta durante o corte, a variação de espessura e a espessura máxima do cavaco para o fresamento externo concordante e discordante sob determinadas condições de corte. Para demonstrar o processo cinemático do fresamento externo utilizou-se a simulação computacional, possibilitando uma diminuição ou eliminação de eventuais ensaios. O modelo matemático desenvolvido neste trabalho é consequência das observações feitas sobre o mesmo, com relação à trajetória descrita pela ferramenta durante o processo de corte.

O modelo matemático da cinemática do processo foi elaborado considerando o munhão parado, sendo o centro do munhão o referencial fixo do sistema. O disco de corte movimentava-se ao redor do munhão com a mesma velocidade angular do virabrequim utilizada no processo real de usinagem.

Para a modelagem e simulação deste processo consideram-se as variáveis de entrada e saída descritas na tabela 1.

**Tabela 1** - Variáveis de entrada e saída

Nome das variáveis	Classificação	
	Entrada	Saída
Velocidade angular da ferramenta (rad/s)	X	
Velocidade angular do virabrequim (rad/s)	X	
Raio inicial do munhão (mm)	X	
Raio da ferramenta (mm)	X	
Profundidade inicial de aproximação da ferramenta (mm)	X	
Ângulo de defasagem entre dois gumes sucessivos (rad)	X	
Espessura do cavaco teórico (mm)		X
Comprimento de contato (mm)		X
Espessura máxima do cavaco teórico (mm)		X

Na figura 1 é mostrado o comportamento da profundidade de corte do cavaco teórico, em função do comprimento de contato da ferramenta com a peça. As condições simuladas foram rotação da ferramenta de 100 rpm, rotação do virabrequim de 10 rpm, raio inicial do munhão com 23 mm, diâmetro da ferramenta de 700 mm, ângulo de defasagem entre dois gumes de 7°, profundidade de corte inicial de 3 mm e fresamento discordante.

Deste gráfico pode-se observar que a espessura de cavaco aumenta até uma espessura máxima de 0,19 mm em torno de 10,8 mm de comprimento de contato, diminuindo até chegar a 0 mm.

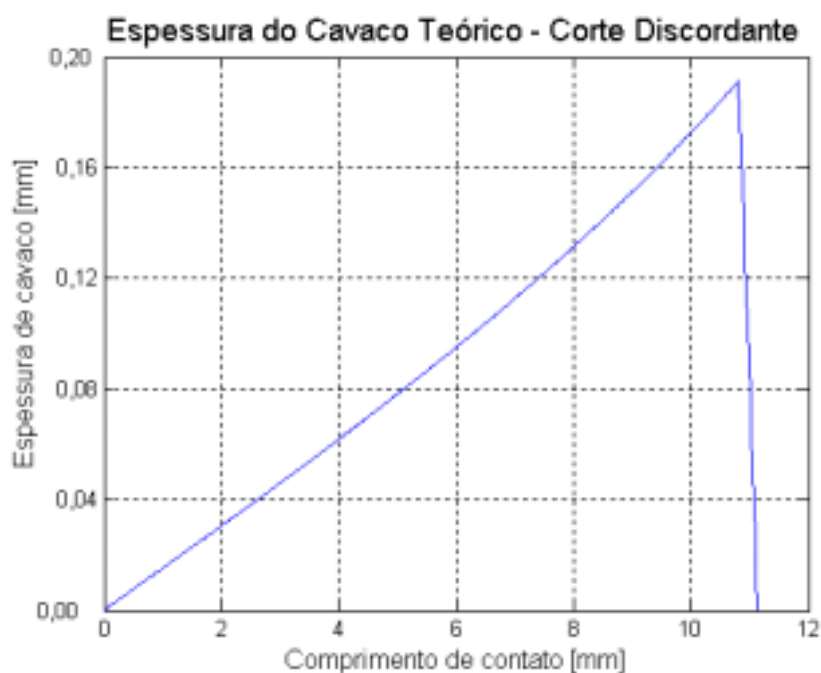


Figura 1 – Espessura de cavaco com o comprimento de contato

A simulação da cinemática do processo de fresamento externo permite avaliar a região que ocorre deformação do material do munhão através da espessura mínima do cavaco. Esta

espessura mínima de cavaco é definida por König (1997) e Reichard (2000) como duas a três vezes o raio de gume ou largura de chanfro da ferramenta.

A partir da geometria do cavaco teórico formado será possível, em uma etapa posterior, o emprego de modelos que permitam a análise de solicitações térmicas e mecânicas atuantes no processo de fresamento externo de munhões.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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

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

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

**Reichard, A. - Fertigungstechnik 1, Handwerk und Technik, Hamburg, 2000.**