

FORÇAS E VIBRAÇÕES NO MANDRILAMENTO DAS SEDES DE VÁLVULAS DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

Ildeu Lúcio Siqueira; Helder Barbieri Lacerda

O objetivo é estudar a usinagem das sedes de válvulas de admissão de um motor de combustão interna, feita com lâminas de CBN. Este trabalho está sendo desenvolvido em parceria com as empresas Fiat Powertrain Technologies e Mapal Ferramentas.

As vibrações excessivas são frequentes nesse tipo de operação e levam o operador a reduzir a velocidade de corte ou o avanço, com prejuízo da produtividade. A justificativa para realizar este trabalho é que existe a necessidade de conhecer melhor a influência da velocidade de corte, avanço e vibrações no desvio de circularidade resultante da usinagem das sedes de válvulas, para que as condições de corte ótimas possam ser conhecidas. Com isso, pode-se obter um corte estável, com maior produtividade e menor gasto com ferramentas, além de garantir maior estanqueidade dos cilindros, reduzindo a emissão de gases do motor.

As sedes de válvulas são feitas a partir de anéis de aço sinterizado de elevada dureza de 370-410 HB, obtidos através da metalurgia do pó (FIAT, 2005). Essa tecnologia tem se destacado nas últimas décadas por ser um processo altamente competitivo (DIAS, 2007).

Diversos autores, como Trent e Wright (2000), Ferraresi (1995), entre outros, constataram que a força de corte tende a diminuir com o aumento da velocidade de corte. A simulação das forças de corte apresentado no trabalho de pesquisa de Li et. al (2000), mostra que é possível otimizar o projeto da ferramenta e os parâmetros de usinagem da sede de válvula.

A metodologia consiste no mandrilamento das sedes de válvulas⁽¹⁾ através do uso de uma ferramenta rotativa com quatro lâminas, dispostas a 90° uma da outra e em posições axiais distintas no corpo da ferramenta de corte, como mostrado nas fotos da Fig. 1. Os ângulos de posição associados com estas lâminas são diferentes (15°, 30°, 45° e 90°). A ferramenta gira e avança verticalmente sobre o anel. As lâminas usinam o anel consecutivamente para criar chanfros com ângulos diferentes no seu diâmetro interno, gerando o perfil da sede de válvula. O avanço da ferramenta tende a diminuir na medida em que a operação de usinagem chega à profundidade especificada, parando no final do corte. A ferramenta continua girando por mais 2 a 3 voltas completas para reduzir os desvios de circularidade da sede de válvula, só então a ferramenta retorna para a posição inicial.

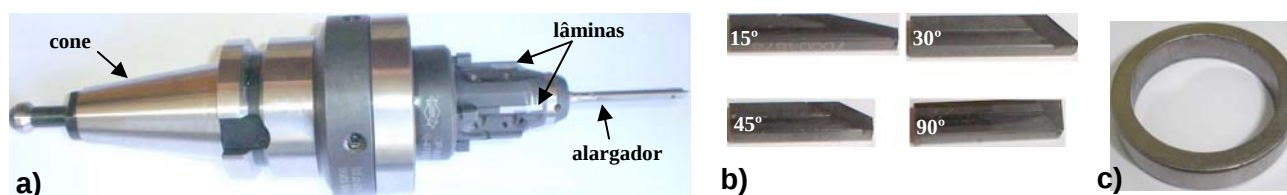


Figura 1: Porta-ferramenta completo, a) barra de mandrilar, b) lâminas e c) anel em bruto

A combinação do ângulo de posição de cada lâmina e seu posicionamento axial determina a geometria final da sede de válvula. As forças de corte geradas combinadas com a relativa baixa rigidez do eixo-árvore da máquina-ferramenta usada nos ensaios gerou deslocamentos radiais nas direções X-Y, prejudicando o processo de usinagem das sedes de válvula. Essas perturbações aumentam as forças de corte e a vibração, mudam a geometria (erros de forma) final da sede de válvula (Figura 3b). Além disso, aceleram os desgastes progressivos das arestas de corte das lâminas e podem fazer com que as lâminas sofram fraturas (lascamentos e/ou quebras), como mostradas na Figura 3c e 3d.

⁽¹⁾ Esse trabalho foi apresentado no 12º Colóquio de Usinagem de 2 a 3 de outubro de 2008 em Uberlândia.

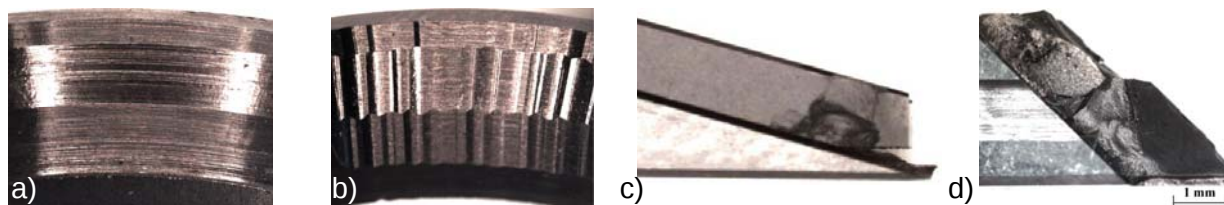


Figura 3: Geometria da sede de válvula e lâminas com fraturas, a) superfície correta usinada; b) erro de forma da superfície usinada; c) lâmina fraturada de 15° e d) lâmina fraturada de 45°

As forças de corte (F_x , F_y e F_z) e as vibrações (amplitude de aceleração) foram medidas durante ensaios de usinagem das sedes de válvula com várias combinações de lâminas montadas na ferramenta de corte. A Figura 5 mostra as forças de corte e a vibração de uma das operações de desbaste com todas as quatro lâminas cortando simultaneamente a sede de válvula. As superfícies usinadas da sede de válvula ficaram com marcas causadas pela vibração.

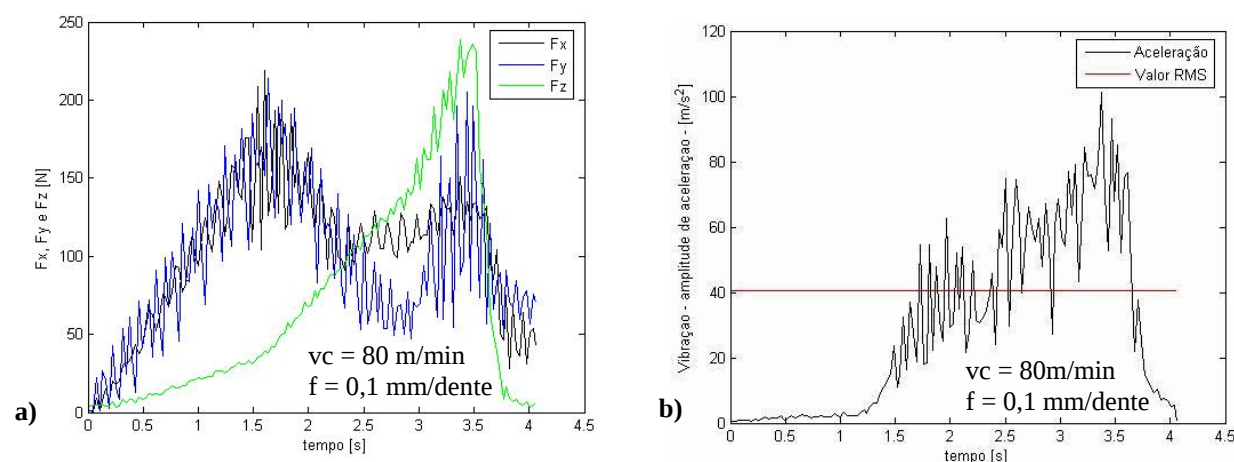


Figura 5: Forças de corte e vibração com todas as lâminas de corte (15°, 30°, 45° e 90°) cortando simultaneamente, a) sinais de forças de corte; b) amplitude de aceleração

Concluiu-se que os níveis de vibração estão diretamente relacionados com a amplitude das forças e com o acabamento superficial resultante. O teste feito com apenas a lâmina com ângulo de posição de 45° resultou na menor amplitude de vibração (redução de aproximadamente 90%) e também produziu a sede de válvula com melhor acabamento superficial. Portanto, os testes realizados levaram à conclusão que, para gerar o perfil desejado da sede de válvula com pequena amplitude de vibração e excelente acabamento superficial, é necessário modificar o projeto da ferramenta de corte, de modo que haja um balanceamento das forças radiais. Para isto, a disposição angular entre as lâminas de 15°, 30° e 45° será otimizada na continuação deste trabalho. Além disso, modificações na geometria da lâmina estão sendo estudadas.

REFERÊNCIAS

- DIAS, A. M. **Aço Sinterizado e Infiltrado com Cobre para Alta Resistência ao Impacto**. Tecsiner Metalurgia. Tecnologia em sinterizados. Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos. Canoas - RS - Brasil. Disponível em: <http://www.tecsinter.com.br/>. Acesso em: 02/07/2007.
- FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. 3 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, v.1, 751p. 1995.
- FIAT. **Fiat Auto Normazione**. Sedi Valvola In Materiale Sinterizzato. F.A.Powertrain Ltda. Engenharia de Manufatura. Tecnologia de Ferramentas. Betim- MG. 2005.
- LI, Y. LIANG, S. Y.; PETROF R. C. and SETH, B. B.; **Force Modelling for Cylindrical Plunge Cutting**. The Int. Journal of Adv. Manuf. Techn.. Springer London, v.16, p.863–870. 2000.
- TRENT, E. M. and WRIGHT, P. K. **Metal Cutting**. 4th ed., Butterworths – Heinemann, Boston. 446 p. 2000.