

ESTUDO DA USINAGEM DE GUIAS DE VÁLVULAS DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

Sebastião Gonçalves Lima Junior

Sglima@mecanica.ufu.br

Helder Barbieri Lacerda

helder@mecanica.ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia - Av. João Naves de Ávila 2121, Bloco 1M, 38.408-100, Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG

Roberto Araújo Piacesi

roberto.piacesi@br.fptpowertrain.com

Walter Seppe Junior

walter.seppe@br.fptpowertrain.com

FA POWERTRAIN. Engenharia de Manufatura - TFMC/CNC-DP. Tecnologia de Ferramentas e Meios de Controle CNC & Desenvolvimento e Pesquisa. Av. do Contorno da Fiat, nº 3455, CEP: 32530-000, Betim- MG.

Flávio Adriano Santos de Oliveira

Mapal do Brasil Ferramentas de Precisão Ltda. - Rodovia Alça Leste - Km 2,6 - Jardim das Rosas - BR-CEP 32400-000 Ibirité – MG

flavio.oliveira@br.mapal.com

Resumo: *Este trabalho tem o objetivo de investigar qual ferramenta, dentro de um grupo de cinco, irá apresentar melhores resultados na usinagem de guias de válvulas automotivas. O material usinado é confeccionado em aço sinterizado de elevada dureza e as ferramentas utilizadas serão de metal duro. Durante o estudo serão avaliados os efeitos da variação dos seguintes parâmetros: velocidade de corte, avanço e profundidade de corte. A avaliação do processo será realizada através da coleta de dados como rugosidade superficial, cilindricidade, circularidade e vibrações do sistema mecânico. Com isso, pretende-se conhecer as melhores condições de usinagem, obtendo um corte estável com maior produtividade e menor gasto com ferramentas, além de garantir um produto final com qualidade.*

Palavras-chave: Alargamento, guia de válvula, aço sinterizado.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Pangrácio (2003), os furos são elementos muito comuns e importantes em conjuntos mecânicos. Empregados em várias peças e produtos desempenham importantes funções, como: condutores de fluidos, alojamento de rolamentos, interiores de roscas, acoplamento de eixos, buchas e outras. Na indústria metal-mecânica, têm-se várias opções para realizá-los, dependendo das formas e condições em que eles se encontram nas peças.

A engenharia moderna exige uma produção em massa de furos com bom acabamento e precisão geométrica necessários para a montagem de precisão. Estes requisitos geralmente não podem ser atendidos pelas brocas helicoidais (Shunmugam e Samasundaram, 1990). Operações subsequentes são muitas vezes exigidas para dar ao furo as características necessárias. Na prática, os furos são usinados com brocas helicoidais e o alargamento é realizado como uma segunda operação (Dieter, 1982, apud Shunmugam e Somasundaram, 1990).

A confecção de furos em máquinas é, geralmente, obtida pelo processo de furação. Mas quando necessitamos de alta qualidade final, ainda se empregam, por exemplo, os processos de mandrilamento, alargamento e brunimento. Estes processos de acabamento são caracterizados pelo pequeno volume de cavaco que retiram e pela possibilidade de melhor qualidade superficial e dimensional. Os processos são selecionados conforme as seguintes condições: o material a ser usinado, a relação comprimento/diâmetro, o acabamento superficial e dimensional, e as tolerâncias geométricas (Pangrácio, 2003).

Alargamento é uma operação de usinagem na qual uma ferramenta rotativa executa um leve corte para melhorar a precisão dimensional de um furo circular e reduzir a rugosidade da superfície do mesmo (Metals Handbook – Volume 16, 1989).

Ferraresi (1975) define alargamento como um processo mecânico de usinagem destinado ao desbaste ou ao acabamento de furos cilíndricos ou cônicos, com auxílio de ferramenta geralmente multicortante. Para tanto, a ferramenta ou a peça giram e a ferramenta ou a peça se deslocam segundo uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo de rotação da ferramenta.

Santos (2004) comenta que o alargamento é empregado na usinagem de diferentes peças. Além de usinar válvulas hidráulicas e componentes da indústria aeronáutica, este processo é muito utilizado na fabricação de motores de combustão interna: árvore de comando, tucho hidráulico, guia de válvula e seu alojamento, alojamento da vela de ignição, biela e bomba de óleo, carcaça de transmissão, cilindro de freio e braço da suspensão

A Figura 1a mostra um conjunto composto por válvula, guia, sede e mola. Todos os itens devem estar bem ajustados para que o motor apresente bom funcionamento, com baixo ruído, baixa emissão de gases e bom rendimento. A Figura 1b mostra o mau funcionamento deste conjunto devido ao excesso de folga causado por desgaste e como este pode levar à quebra da válvula.

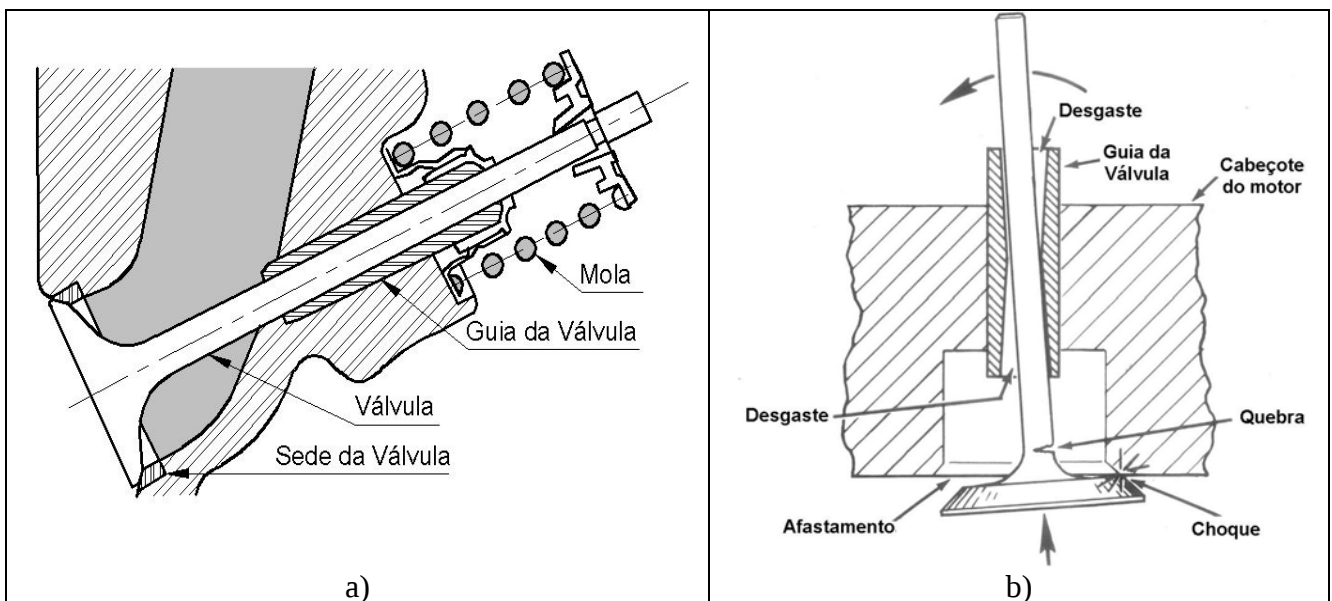


Figura 1: a) Conjunto da válvula (adaptado de Volvo, 2006); b) Quebra da válvula por folga na guia de válvula (Stockel, 1969).

Outro problema mostrado por Stockel (1969) é o fluxo de óleo gerado durante a admissão do motor, onde o lubrificante da parte superior do motor é sugado para dentro da câmara de combustão, criando uma mistura de óleo mais combustível que resultará numa grande emissão de poluentes (Figura 2a). Os resíduos resultantes desta queima podem ainda se depositar sobre a vela de ignição diminuindo a eficiência do motor. O mau funcionamento ainda permanece no momento da exaustão, direcionando o fluxo de óleo para o sistema de escape de gases do motor. Isto é mostrado na Figura 2b.

O uso de alargadores na usinagem de guias de válvulas não é algo recente, Strockel (1969) mostra e comenta o uso desta ferramenta para conferir a este componente as dimensões requeridas no projeto do motor. A Figura 2c mostra o uso do alargamento manual no reparo de válvulas automotivas.

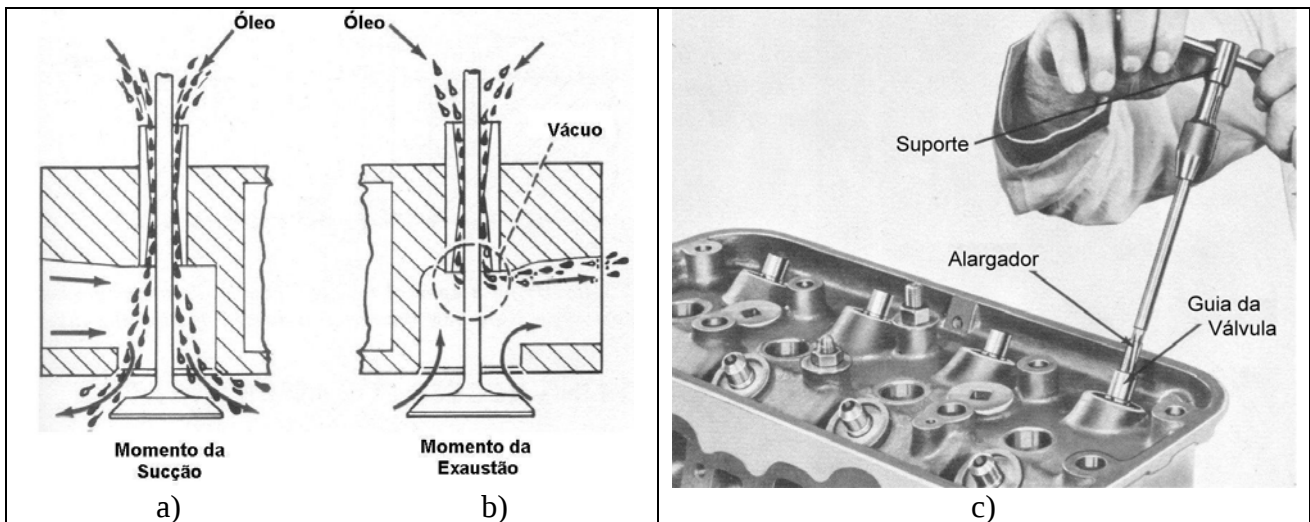


Figura 2: a) Fluxo de óleo da parte superior do motor para a câmara de combustão; b) Fluxo de óleo para o sistema de escape de gases; c) Uso de alargadores em válvulas

2. METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia consistirá na realização de ensaios de alargamento das guias de aço sinterizado montados em um dispositivo que simula o cabeçote, utilizando as ferramentas idênticas àquelas usadas na fábrica. Os ensaios serão realizados em um centro de usinagem do Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem (LEPU) da Faculdade de Engenharia Mecânica da UFU, reproduzindo da melhor forma possível a operação realizada na fábrica. Os parâmetros de corte avaliados serão a velocidade de corte (vc), avanço (fz) e a geometria da ferramenta. A quantidade de ensaios será definida através de um planejamento composto central. As grandezas medidas serão o torque e a vibração durante cada um dos testes previstos. A rugosidade superficial, desvios de circularidade e cilindricidade resultantes também serão medidos para análise posterior.

2.1 Etapas do trabalho

O trabalho será executado através das seguintes etapas: revisão bibliográfica, montagem do experimento e realização de testes preliminares, planejamento experimental, testes de alargamento, análise dos resultados, redação e apresentação da dissertação.

2.1.1 ETAPA A: Revisão Bibliográfica

Consultas a catálogos, revistas técnicas e manuais, pesquisas na internet, leitura de artigos, livros e teses, abordando os seguintes assuntos:

- Alargamento;
- Usinagem de guias de válvulas;
- Estabilidade dinâmica da usinagem.

2.1.2 ETAPA B: Realização de testes preliminares

Nesta etapa, será utilizado um dispositivo de fixação de sede e guia de válvula na mesa da máquina-ferramenta. Esse dispositivo foi projetado para aplicar aos anéis e guias uma tensão radial próxima à que eles são submetidos ao serem montados no cabeçote do motor. O motivo disto é a limitação da quantidade de cabeçotes disponibilizados para o estudo da usinagem das guias de válvulas. Esses testes servirão para planejar os testes experimentais, verificando a sensibilidade das grandezas medidas em relação à variação dos parâmetros.

2.1.3 ETAPA C: Planejamento Experimental

Nesta etapa, serão definidos os níveis quantitativos para cada parâmetro de corte a ser variado (níveis dos fatores). Os níveis serão escolhidos com um valor mínimo, um valor máximo e um valor de ponto central para cada parâmetro de corte. Neste caso, será empregado um planejamento composto central para realização dos ensaios.

2.1.4 ETAPA D: Testes de alargamento

Nesta etapa, os ensaios planejados na etapa anterior serão executados usinando as guias de válvulas, para obtenção dos resultados definitivos. Em cada teste, uma condição de corte selecionada será empregada, a fim de verificar a sua influência sobre as grandezas medidas e a superfície usinada resultante.

Os desvios geométricos das guias de válvula podem ser reduzidos através de uma das seguintes propostas:

- a) Obtenção dos parâmetros ótimos de corte de desbaste no alargamento, pois é a parte mais importante dessa operação.
- b) Teste de novas geometrias de ferramenta para operação de acabamento, como por exemplo, utilizar alargador com mais de uma aresta de corte (o atual é monocortante);
- c) Verificar a influência de alterações na geometria da ferramenta, variando o ângulo de saída, de folga e o chanfro;
- d) Verificar a influência da velocidade de avanço, que é decrescente.

2.1.5 ETAPA E: Análise dos resultados

Nesta etapa, será feita a análise comparativa das grandezas medidas em função dos parâmetros de usinagem variados durante o processo de alargamento das guias de válvulas. Com isso, pretende-se determinar as equações matemáticas que descrevem as grandezas medidas (amplitude da vibração, rugosidade superficial e desvio máximo de circularidade e cilindridade) na operação proposta como função dos parâmetros de corte e/ou geometria da ferramenta.

2.1.6 ETAPA F: Redação da Dissertação e artigos técnicos científicos.

Pretende-se começar a escrever a Dissertação desde o início dos trabalhos. Alguns artigos técnicos científicos serão escritos e submetidos a congressos nacionais e internacionais.

3. RECURSOS NECESSÁRIOS

Para realização dos ensaios, o material descrito na Tabela 1 foi adquirido com recursos do Instituto Fábrica do Milênio (IFM)

Tabela 1: Materiais adquiridos para o ensaio.

Item	Descrição
Alargadores	1 alargador de MD com ângulo de hélice positivo, 6 arestas
	1 alargador de MD com ângulo de hélice negativo, 6 arestas
	1 alargador de MD com ângulo de hélice positivo, 4 arestas

Para a realização dos testes de alargamento, serão utilizados guias de válvulas em aço sinterizado fornecidos pela FIAT Powertrain Technologies (FPT), com dimensões idênticas as usadas em sua linha de produção. A Tabela 2 mostra os itens disponibilizados pela FPT.

Tabela 2: Itens fornecidos pela FPT

Item	Descrição
Materiais	Empréstimo de, no mínimo, 8 (oito) cabeçotes do motor FIRE 1.4
	80 anéis de aço sinterizado da válvula de aspiração (admissão) do cabeçote do motor FIRE 1.4
	160 guia-válvulas de aço sinterizado da válvula de aspiração do motor FIRE 1.4
	10 válvulas de aspiração do motor FIRE 1.4
Transporte	Transporte de materiais até a UFU/FEMEC/LEPU
Serviço	“Pré-setagem” das ferramentas adquiridas pela UFU, conforme especificações da FPT.

4. INFRA-ESTRUTURA NECESSÁRIA

A infra-estrutura necessária para o desenvolvimento da presente dissertação, instrumental e equipamentos, encontra-se disponível no LEPU, conforme listado a seguir.

4.1. EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS

O Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem (LEPU) conta com sensores para aquisição de vibração e torque durante os testes. Há disponibilidade também de rugosímetro para medir a rugosidade superficial, circularímetro para verificação de desvios de circularidade e cilindridade e dinamômetro para medição de força axial. Esses equipamentos e instrumentos estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Equipamentos e instrumentos disponíveis na LEPU.

Item	Descrição
Dinamômetro	Kistler® tipo 5070A10000, com base para fresamento tipo 9265B. Será usado para medição de força axial e torque de corte.
Rugosímetro	Modelo Surtronic 3+. Fabricante: Taylor-Hobson. Será usado para medição da rugosidade superficial final das sedes de válvulas.
Circularímetro	Modelo Talyrond. Fabricante: Taylor-Hobson. Será usado para verificação dos desvios de circularidade e cilindridade das guias usinadas.
Microscópio ótico com câmera digital	Modelo SZ61. Fabricante: Olympus. Será usado para avaliar o desgaste da ferramenta.

Acelerômetro / condicionador de sinais	Modelo 4501A, fabricante: B&K, com condicionador NEXUS tipo 2692. Para medição de vibrações.
Micro-computador com placa de aquisição	Microcomputador Pentium III 900 MHz, com 1024 MB de memória RAM, equipado com uma placa de aquisição de sinais com resolução de 16 bits e taxa máxima de amostragem 1,25 MS/s. Software LabVIEW 7.
Microdurômetro	Modelo HVS-1000. Fabricado por TIME Group INC. Será utilizado para medir dureza de forma pontual no material em estudo.

5. MÁQUINA-FERRAMENTA

As características da máquina-ferramenta a ser utilizada para realização de testes experimentais de usinagem são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Máquina-ferramenta disponível no LEPU.

Características	Descrição
Máquina-ferramenta	Centro de Usinagem ROMI® Discovery 760
Faixa de rotação	10 a 10.000 rpm
Faixa de avanço	10 a 2000 mm/min

6. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a FIAT Powertrain Technologies (FPT), CNPq e IFM pelo apoio financeiro. Agradecem à equipe do LEPU/UFU e do LTM/UFU pelo apoio técnico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bezerra, A. A., 1998, “Influência dos principais parâmetros no processo de alargamento de uma liga de alumínio-silício”, dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, MG.
- Ferraresi, D., 1977, “Fundamentos da usinagem dos metais”, Ed. Edgar Bluecher, São Paulo.
- Metals Handbook – volume 16, “Machining”, 1989, 9th Ed., ASM international.
- Pangrácio, M. L., 2003, “Análise da qualidade de furos realizados por fresamento helicoidal interpolado”, dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Santos, R. G., 2004, “Avaliação do processo de alargamento de guias de válvulas”, dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Shunmugam, M.S. & Somasundaram, G., 1990, “Investigations into Reaming Processes Using a Frequency-Decomposition Technique”, International Journal Prod. Res., vol. 28, n° 11, p. 2065-2074.
- Stockel, M. W., 1969, “Auto Service and Repair”, The Goodheart – Willcox CO., Inc. South Holland, Illinois, USA.
- Volvo, 2006, “Volvo 850 GLT Engine”, The Volvo Owners Club, disponível em: www.volvoclub.org.uk/tech/850GLT-EngineTechInfo.pdf. Acesso em: 20/11/2007.

STUDY ABOUT REAMING OF VALVE GUIDES OF AUTOMOTIVE ENGINES

Sebastião Gonçalves Lima Junior

sglima@mecanica.ufu.br

Helder Barbieri Lacerda

Federal University of Uberlândia - Av. João Naves de Ávila 2121, Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG
helder@mecanica.ufu.br

Roberto Araújo Piacesi

roberto.piacesi@br.fptpowertrain.com

Walter Seppe Junior

walter.seppe@br.fptpowertrain.com

FA POWERTRAIN. Engenharia de Manufatura - TPMC/CNC-DP. Tecnologia de Ferramentas e Meios de Controle CNC & Desenvolvimento e Pesquisa. Av. do Contorno da Fiat, nº 3455, CEP: 32530-000, Betim- MG.

Flávio Adriano Santos de Oliveira

Mapal do Brasil Ferramentas de Precisão Ltda. - Rodovia Alça Leste - Km 2,6 - Jardim das Rosas - BR-CEP 32400-000 Ibirité - MG
flavio.oliveira@br.mapal.com

Abstract: *This work presents a preliminary study on the influence of the reamer geometry and cutting conditions (cutting speed, feed rate, and depth of cut) on the surface roughness, cylindricity, roundness and mechanical vibration of cylindrical holes produced by reaming of automotive valve guides. The tools are CBN reamers and the valve guides are made of sintered steel with high hardness. The objective is to find the best reamer geometry and the optimum cutting conditions*

Keywords: *Reaming, valve guide, sintered steel.*