

ESTUDO DA USINAGEM DAS SEDES DE VÁLVULAS DE ADMISSÃO DO MOTOR FIAT FIRE 1.4

Ildeu Lúcio Siqueira

Centro Federal de Educação Tecnologia de Goiás, CEFET-GO, Curso de Mecânica, Rua 75 nº 46 Setor Central, CEP 74.055-110, Goiânia-GO
ils@cefetgo.br

Helder Barbieri Lacerda

Universidade Federal de Uberlândia, UFU-FEMEC, Campus Santa Mônica. Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco M, CEP 38.400-100, Uberlândia-MG
helder@mecanica.ufu.br

Antônio Maria Souza Jr.

antonio.maria@br.fptpowertrain.com

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- Brasil.

Resumo: *Este trabalho tem o objetivo de estudar a usinagem das sedes de válvulas de admissão do motor de combustão interna FIAT FIRE 1.4, feita com lâminas de CBN. O material usinado é um anel de aço sinterizado de elevada dureza. As vibrações excessivas são frequentes nesta operação e levam o operador a reduzir a velocidade de corte ou o avanço, com prejuízo da produtividade. Existe a necessidade de conhecer melhor a influência da velocidade de corte, avanço, geometria das lâminas de CBN, fluido de corte e vibrações no desvio de circularidade e na rugosidade superficial resultante da sede de válvula, para que as condições de corte ótimas possam ser conhecidas, obtendo 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.*

Palavras-chave: *sede de válvula, usinagem, aço sinterizado.*

1. INTRODUÇÃO

As válvulas dos motores de combustão interna dos automóveis têm a função de controlar o fluxo da mistura ar-combustível (válvulas de admissão ou aspiração) e dos gases queimados (válvulas de descarga), durante o ciclo de funcionamento do motor. As válvulas devem ser encaixar perfeitamente em suas sedes, para obter uma vedação perfeita. As sedes de válvulas são feitas a partir de um anel de aço sinterizado de elevada dureza.

A usinagem das sedes de válvulas dos motores de combustão interna deve ser realizada com parâmetros de corte adequados para assegurar o compromisso ideal entre vida útil da ferramenta, produtividade e baixo nível de vibrações, proporcionando rugosidade superficial e desvio de circularidade mínimos, resultando em um assentamento correto das válvulas nas suas sedes. Isto é importante para garantir a correta vedação (estanqueidade) dos cilindros, evitando que o nível máximo de emissões de gases do motor seja ultrapassado.

As sedes de válvulas são feitas de aço sinterizado obtida através da metalurgia do pó. Essa tecnologia tem se destacado nas últimas décadas por ser um processo altamente competitivo, cuja

evolução tem sido constante, proporcionando numerosas soluções criativas para muitos problemas na área de fabricação. Além do processo convencional de compactação e sinterização, outros processos foram criados para atender necessidades específicas de competitividade e mercado. Como exemplos, podem-se citar: o processo de conformação de sinterizados (para componentes que necessitam de melhores propriedades mecânicas), processos de obtenção de ligas (“mechanical alloying”, solidificação rápida, etc.), processos especiais de sinterização (ativada, fase líquida, etc.). Todos estes novos desenvolvimentos estão tornando o processo de metalurgia do pó quase que insuperável na arte de confecção de peças para uma grande variedade de aplicações (Dias, 2004).

Em motores de baixa cilindrada, as guias de válvulas são fabricadas geralmente a partir de buchas de aço sinterizado ou latão de alta resistência extrudado na forma de tubos. A Figura 1 mostra um esquema de uma sede de válvula montada em um motor. As guias são prensadas nos alojamentos previamente usinados no cabeçote e finalmente passam pelo processo de usinagem por alargamento para a obtenção de furos com estreitas tolerâncias dimensionais e de forma, como também para garantir um perfil de rugosidade adequado ao seu funcionamento (Dos Santos, 2004).

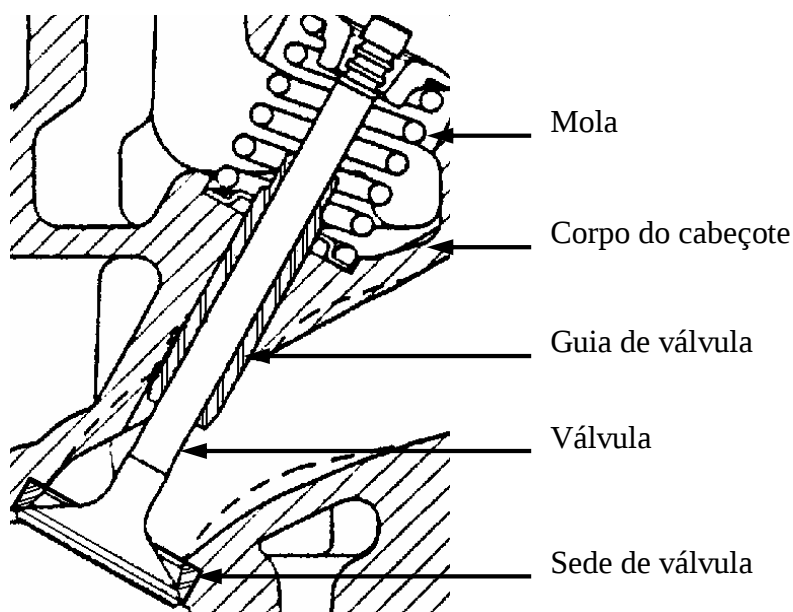


Figura 1 - Esquema de uma sede de válvula montada em um motor (Volvo, 2006)

A rugosidade superficial e o desvio de circularidade da sede de válvula sofrem influência do material e geometria da ferramenta de corte, material do anel, rigidez da máquina-ferramenta, condições de corte e vibrações. Há necessidade de conhecer a influência dessas variáveis para obter um nível mínimo de rugosidade e desvio de circularidade, após as operações de desbaste e acabamento.

2. METODOLOGIA

A metodologia consistirá na realização de ensaios de fresamento dos anéis de aço sinterizado montados nos cabeçotes, utilizando ferramenta e lâminas de CBN 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 (v_c), o avanço (f), geometria da ferramenta e a concentração do fluido de corte. A quantidade de ensaios será definida através de um planejamento central composto. As grandezas medidas serão: a força de corte axial, o torque de corte, a vibração, a rugosidade superficial e os desvios de circularidade durante cada um dos testes previstos. Outros fatores importantes nesta operação são a largura de corte crescente e a desaceleração axial da ferramenta, resultando em

avanço decrescente. A influência exercida por estes fatores é pouco conhecida e merece uma investigação.

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 chanframento, análise dos resultados, exame de qualificação, otimização da operação, testes na linha de produção, análise dos resultados, redação e apresentação da tese.

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: fresamento em mergulho, chanframento, usinagem de sedes de válvulas, estabilidade dinâmica da usinagem.

2.1.2 Etapa B: Montagem do equipamento e realização de testes preliminares

A Figura 3 mostra o dispositivo projetado para montagem e fixação dos anéis e das guia-válvulas de aço sinterizado na máquina-ferramenta. O dispositivo aplica aos anéis uma tensão radial próxima à que eles são submetidos ao serem montados no cabeçote do motor. O motivo disto é a limitação do número de cabeçotes disponíveis para teste. Para determinação do torque dos parafusos na fixação dos anéis e guias será utilizado um torquímetro. A Figura 4 mostra o dispositivo já construído.

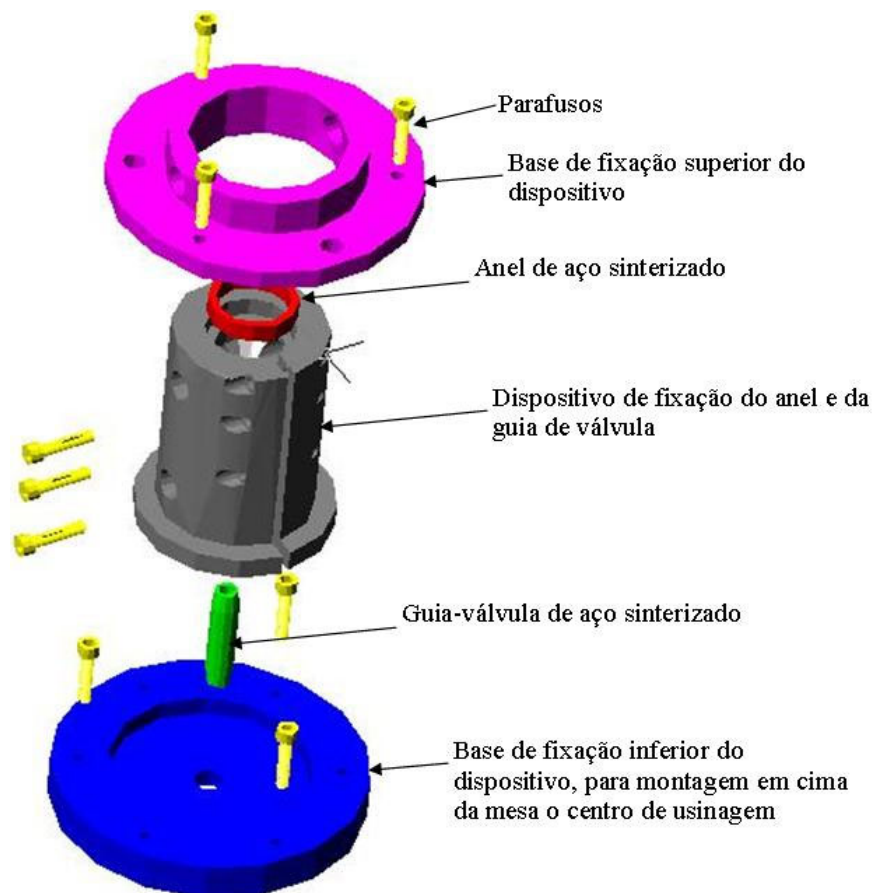


Figura 3 – Desenho esquemático do projeto do dispositivo de fixação do anel e guia de válvula

Os testes preliminares servirão para testar a sensibilidade dos parâmetros de corte com relação ao nível de vibrações resultante, à rugosidade final da superfície usinada e os desvios de circularidade do anel. Além disso, serão realizadas medições de dureza no perímetro dos anéis e ensaios de circularidade e concentricidade das válvulas.

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 central composto para realização dos ensaios.

2.1.4 Etapa D: Testes de chanframento

Nesta etapa, os ensaios planejados na etapa anterior serão executados usando os anéis montados nos cabeçotes, para obtenção dos resultados definitivos. Em cada teste, uma condição de corte selecionada será empregada, a fim de verificar a sua influência sobre a vibração, o torque de corte, a rugosidade superficial e os desvios de circularidade do anel.

As falhas do contato entre a válvula e sua sede, podem ter várias causas. Há várias possibilidades que podem ser investigadas:

- Verificar a influência dos parâmetros de corte no desbaste, pois é a parte mais importante da operação.
- Verificar a influência de alterações na geometria das lâminas, como por exemplo:
- O ângulo de saída atual é 0°. Testar 10° e 20°;
- Ângulo de folga atual é 10°. Testar 5° e 15°;
- Chanfro atual é 0,1mm. Testar 0,2 e 0,3 mm.
- Usar geometrias diferentes para desbaste e acabamento;
- Verificar a influência do pré-furo da guia de válvula no acabamento final;
- Verificar a influência do canto vivo que a lâmina de 45° pega no desbaste;
- 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 chanframento dos anéis de aço sinterizado. Com isso, pretende-se determinar as equações matemáticas que descrevem as grandezas medidas (amplitude da vibração, rugosidade superficial e desvio máximo de circularidade) na operação de chanframento das sedes das válvulas como uma função dos parâmetros de corte e/ou geometria das lâminas de CBN.

2.1.6 Etapa F: Exame de qualificação

Nesta etapa, será feito o exame de qualificação.

2.1.7 Etapa G: Otimização da operação

Uma vez conhecidas as equações matemáticas que relacionam os parâmetros de corte e as grandezas medidas, um software de otimização numérica será utilizado para encontrar valores ótimos para cada parâmetro, com o objetivo de atingir um corte estável, máxima produtividade, níveis mínimos de vibração, rugosidade superficial e desvios de circularidade. Nesta etapa, modificações na geometria das lâminas CBN também poderão ser propostas.

2.1.8 Etapa H: Testes na linha de produção

Com base nos resultados obtidos no LEPU e no conhecimento acumulado com este trabalho, as alterações propostas poderão ser implementadas na linha de produção da fábrica. Testes serão realizados na linha de produção da fábrica FIAT Powertrain Technologies (FPT). Esperam-se bons resultados, apesar que as diferenças de massa e rigidez entre as máquinas-ferramenta do LEPU e da fábrica FIAT FPT certamente introduzem diferenças em seus comportamentos dinâmicos e podem causar resultados distintos.

2.1.9 Etapa I: Redação da tese e artigos técnicos científicos

Pretende-se começar a escrever a Tese desde o início dos trabalhos. Alguns artigos técnicos científicos serão escritos e submetidos a congressos nacionais e internacionais. No último ano, um artigo será submetido a um periódico internacional.

3. CRONOGRAMA DE TRABALHO

O trabalho será desenvolvido num período de 3 anos, conforme cronograma abaixo.

Ano/ bimestre	2006			2007						2008						2009		
Etapas	4°	5°	6°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	1°	2°	3°
A																		
B																		
C																		
D																		
E																		
F																		
G																		
H																		
I																		

4. MATERIAIS

Para realização dos ensaios, será necessário adquirir o material descrito na Tabela 1, com recursos do Instituto Fábrica do Milênio (IFM), já disponíveis.

Tabela 1 – Materiais que serão adquiridos com recursos do IFM

Fonte	Item	Descrição
UFU	ferramentas	2 portas-ferramenta completos, fabricante MAPAL, cone MAS 403 BT 40
	lâminas	1 jogo de lâminas de CBN de 15°, 30°, 45° e 90° para desbaste e acabamento
	Lâminas de CBN	2 jogos de lâminas especiais (alterações na geometria): - Ângulo de saída atual é 0°. Alterar para 10° e 20°; - Ângulo de folga atual é 10°. Alterar para 5° e 15°; - Chanfro atual é 0,1mm. Alterar para 0,2 e 0,3 mm.
	alargador	2 alargadores de desbaste e acabamento MDI, com diâmetro de 5 mm

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

Tabela 2 – Itens que serão fornecidos pela FPT

Fonte	Item	Descrição
FPT	materiais	Empréstimo de, no mínimo, 8 (oito) cabeçotes do motor FIRE 1.4
		100 anéis de aço sinterizado da válvula de aspiração (admissão) do cabeçote do motor FIRE 1.4
		100 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.

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 um rugosímetro, um circularímetro para medir rugosidade e desvios de circularidade após cada teste de chanframento. O durômetro pertence ao Laboratório de Tribologia e Materiais (LTM) e pode ser utilizado. Além de um dinamômetro e uma série de dispositivos eletrônicos que facilitam a aquisição de dados. 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 das sedes de válvulas usinadas.
Microscópio ótico com câmera digital	Modelo SZ61. Fabricante: Olympus. Será usado para medição da geometria das lâminas CBN, avaliar seu desgaste e também para fotografar a superfície usinada das sedes de válvulas.
Acelerômetro / condicionador de sinais	Modelo 4501A, fabricante: B&K, com condicionador NEXUS tipo 2692. Para medição de vibrações.
Durômetro	Durômetro Universal Otto Wolpert. Será usado para medir a dureza no perímetro do anel de aço sinterizado. Pertence ao Laboratório de Tribologia e Materiais (LTM).
Máquina-ferramenta	Centro de Usinagem ROMI [®] Discovery 760. Faixa de rotação de 10 a 10.000 rpm. Faixa de avanço de 10 a 2000 mm/min
Microcomputador 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. <i>Software</i> LabVIEW 7.

5. EQUIPE

A equipe da UFU para realização deste trabalho de pesquisa é composta por professores, técnicos e alunos do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, citados na Tabela 4. A Tabela 5 contém a equipe da FIAT Powertrain Technologies (FPT).

Tabela 4 – Equipe da UFU (em ordem alfabética)

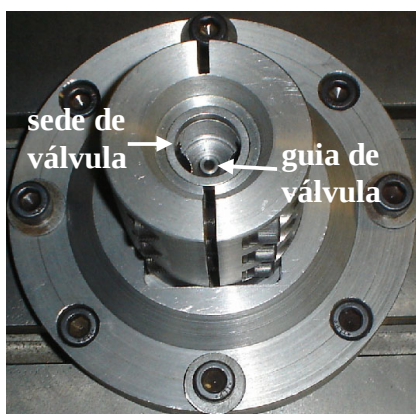
Nome	Função
Álisson Rocha Machado	Colaborador
Helder Barbieri Lacerda	Coordenador (orientador) da pesquisa
Ildeu Lúcio Siqueira	Doutorando
Márcio Bacci da Silva	Colaborador
Reginaldo Ferreira de Souza	Operador da máquina CNC
Bolsista a definir	Colaborador

Tabela 5 – Equipe da FPT (em ordem alfabética)

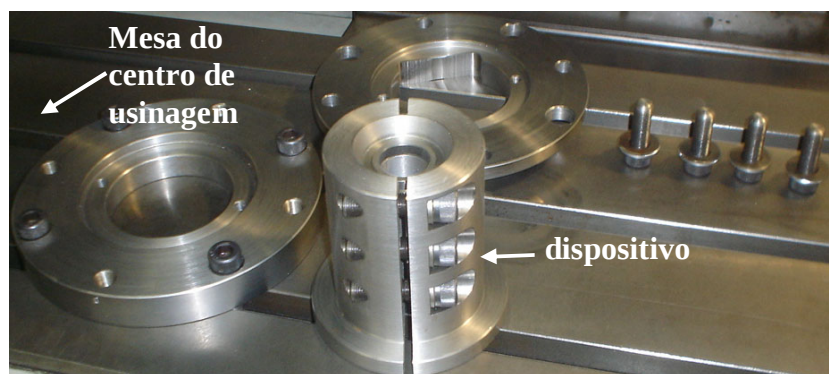
Nome	Função
Antônio Maria Souza Jr.	Colaborador
Roberto Araújo Piacesi	Colaborador
Walter Seppe Jr.	Colaborador

6. CONSTRUÇÃO DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO DAS SEDES E GUIAS DE VÁLVULAS

A Figura 4 mostra o dispositivo de fixação construído para facilitar a montagem e fixação dos anéis e das guia-válvulas de aço sinterizado no Centro de Usinagem CNC. O dispositivo possui dois rasgos axiais que permite um pequeno deslocamento radial, com isso, a sede e a guia de válvula são fixadas. Através dessa montagem, será possível usinar várias sedes e guias de válvula do motor Fire 1.4.



(a)



(b)

Figura 4 – Dispositivo de fixação, (a) montado, (b) desmontado na mesa do Centro de Usinagem

7. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO ANEL DE AÇO SINTERIZADO

As sedes de válvulas de admissão são anéis em aço sinterizado fabricados através da metalurgia do pó. No Brasil, são fornecidos pela empresa Lunko Metalurgia, conforme norma de produção FIAT AUTOMÓVEIS Spa Itália. A dureza é de 370 a 410 HB, de acordo com norma interna da FIAT (Fiat, 2005).

Foram realizadas análises de dureza em torno dos perímetros dos anéis. A dureza superficial em torno do perímetro teve uma pequena variação, de HV 371 a 405 kgf/mm². Sendo que para o mesmo anel a dureza em torno do perímetro não teve uma variação superior a 3%. A Figura 5 mostra o desenho da sede de válvula de admissão.

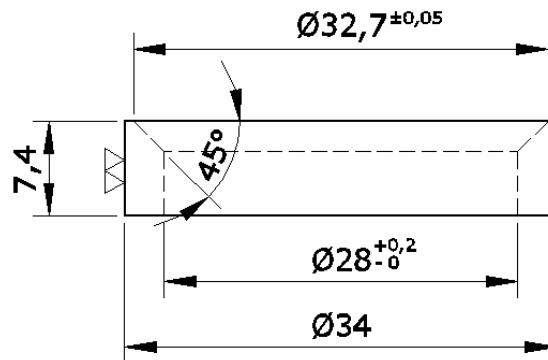


Figura 5 - Desenho da sede de válvula de admissão

Os procedimentos de usinagem são realizados após a sede estar montada no cabeçote do motor. A montagem das sedes de válvulas no cabeçote do motor é feita por intermédio de uma máquina especial, precedido de um processo de resfriamento a base de nitrogênio líquido.

8. CONCLUSÕES

Para estudar a influência dos parâmetros de corte e das vibrações no desvio de circularidade e na rugosidade superficial resultante da usinagem das sedes de válvulas de admissão, foi projetado e construído um dispositivo de fixação de sede e guias de válvulas. Os testes realizados até agora de fixação da sede e guias de válvulas foram bem sucedidos.

As análises realizadas de dureza em torno dos perímetros das sedes de válvulas mostraram que existe uma pequena variação de dureza. Porém, essa variação não é significativa para concluir que a falta de homogeneidade do material seja uma das causas da vibração resultante da usinagem da sede de válvula.

9. 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. Agradecem ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – CEFET-GO pelo uso de sua infraestrutura, com destaque para o Núcleo de Pesquisas em Fabricação e sua equipe.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIAS, A. M. 2005. Artigo: Desenvolvimento e Fabricação de Componentes Sinterizados. Versão 1. Tecsinter Metalurgia Ltda. Disponível em: www.tecsinter.com.br. Acesso em: 10/2005.
- DOS SANTOS, R. G., 2004. Avaliação do Processo de Alargamento de Guias de Válvulas. Dissertação de Mestrado. Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR.
- VOLVO, 2006. Volvo 850 GLT Engine. The Volvo Owners Club. Disponível em: www.volvoclub.org.uk/tech/850GLT-EngineTechInfo.pdf. Acesso em: 22/08/2006.
- FIAT. 2005. Fiat Auto Normazione. Sedi Valvola In Materiale Sinterizzato. F.A.Powertrain Ltda. Engenharia de Manufatura. Tecnologia de Ferramentas. Betim- MG.

11. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no trabalho.

STUDY OF THE ADMISSION VALVE SEAT MACHINING OF THE FIAT FIRE 1.4 MOTOR

Ildeu Lúcio Siqueira

Federal Centre for Technological Education of Goiás - CEFET-GO, 75th Street, nº 46, 74.055-110, Goiania, GO, Brazil
ils@cefetgo.br

Helder Barbieri Lacerda

Federal University of Uberlândia, School of Mechanical Engineering, Joao Naves de Avila Av., 2121, 1M Block, 38.400-100, Uberlandia, MG, Brazil.
helder@mecanica.ufu.br

Antônio Maria Souza Jr.

antonio.maria@br.fptpowertrain.com

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- Brasil.

Abstract: *This objective of this work is the study of the admission valve seat machining of the FIAT Fire 1.4 motor, with CBN blades. The workpiece is a 32.7 mm diameter ring, made of sinterized steel. The excessive vibrations are frequent in this operation and to avoid them, the machine operator use to reduce the cutting speed or federate, impairing the productivity. It is necessary to improve this operation, in order to achieve a stable cut, superior productivity and minimum cost. Moreover, there is a need to avoid completely the escape of gases between the valve and its seat, reducing the motor emissions level. The influence of the cutting speed, federate, CBN blades geometry, cutting fluid and vibrations in the resulting seat valve roundness and surface quality will be studied, in order to optimise the operation.*

Keywords: *seat valves, sinterised steel, machining.*