

O EFEITO DA GEOMETRIA DA CUNHA CORTANTE NO REBAIXAMENTO DE SEDES DE VÁLVULAS

Ideu Lúcio Siqueira, ils@ifg.edu.br¹

Helder Barbieri Lacerda, helder@mecanica.ufu.br²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Campus Goiânia, Núcleo de Estudos e Pesquisas em Fabricação – NUPEF, Rua 75 nº 46 Setor Central, CEP 74.055-110, Goiânia-GO,

²Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC, Campus Santa Mônica, Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1M, CEP 38.408-100, Uberlândia-MG.

Resumo: A operação de rebaixamento de sedes de válvulas é realizada cerca de 25 milhões de vezes por ano, apenas no Brasil. Vibrações excessivas durante essa operação são comuns e podem afetar adversamente as tolerâncias geométricas e dimensionais das sedes de válvulas. A vedação (estanqueidade) da câmara de combustão é prejudicada, resultando em perda de potência e maior emissão de gases, prejudicando o meio ambiente. Este trabalho foi desenvolvido em parceria com duas empresas: Fiat Powertrain Technologies e Mapal Ferramentas. O material da sede da válvula é um aço sinterizado de dureza média 390 HB, que por sua vez é usinado com lâminas de PCBN de alto custo. A fim de evitar a geração de vibrações excessivas durante a usinagem, os operadores reduzem a velocidade de corte e o avanço, o que conseqüentemente, provoca uma redução da produtividade. Neste contexto, investigações foram realizadas com o objetivo de minimizar a vibração na usinagem de sedes de válvulas automotivas, através de alterações no projeto da ferramenta e da geometria da aresta de corte das lâminas de nitreto cúbico de boro sintético policristalino (PCBN). As alterações propostas resultaram em uma grande redução da força de corte resultante, na amplitude das vibrações e no desvio de circularidade da sede de válvula. Com isso, a estanqueidade entre sede e válvula melhora, as emissões de gases são reduzidas e o rendimento do motor aumenta. As análises realizadas mostraram ainda, que a vibração e o desvio de circularidade tendem a reduzir quando se utilizam lâminas de PCBN com arredondamento fino da aresta de corte do chanfro-T em torno de 60 µm, velocidade de corte entre 80 e 100 m/min e avanço entre 0,04 e 0,08 mm/volta.

Palavras-chave: sede de válvula, aço sinterizado, rebaixamento, nitreto cúbico de boro policristalino (PCBN)

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 (Giacosa, 1980). Elas se encaixam em suas sedes para obter a vedação (Fig. 1). As sedes de válvulas podem ser fabricadas a partir de um anel de aço sinterizado, em uma operação de rebaixamento. Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA - 2009), a produção anual de automóveis no Brasil está em torno de 3,12 milhões de unidades. A maioria dos motores têm 8 válvulas, portanto, a operação de rebaixamento de sedes de válvulas é realizada cerca de 25 milhões de vezes por ano, apenas em nosso país. As ferramentas possuem um elevado custo e assim, pequenos ganhos em redução de tempo de usinagem, ou um aumento na vida das lâminas poderão representar uma grande economia para as indústrias.

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. O desvio de circularidade e a qualidade superficial da sede de válvula sofrem influência do material e da classe da ferramenta de corte, material do anel, rigidez da máquina-ferramenta, condições de corte e vibrações. As vibrações excessivas são frequentes nesse tipo de operação e levam o operador a reduzir a velocidade de corte ou o avanço, com prejuízo para a produtividade. Este problema motivou este trabalho, pois existe a necessidade de conhecer melhor a influência da velocidade de corte, avanço e geometria da aresta de corte das lâminas de nitreto cúbico de boro sintético policristalino (PCBN) nas vibrações e no desvio de circularidade resultante da usinagem das sedes de válvulas. Com isso, modificações no projeto da ferramenta e na

geometria das lâminas puderam ser propostas, para obter um corte estável, com maior produtividade e menor custo, além de garantir maior estanqueidade dos cilindros do motor.

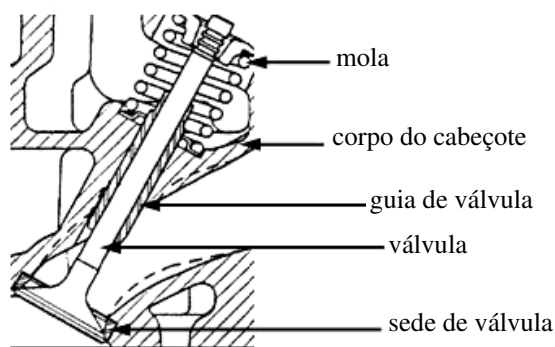


Figura 1. Desenho esquemático de uma válvula e sua sede (adaptado de Volvo, 2006).

1.1 Cunha Cortante de Ferramentas de PCBN

A geometria da cunha de corte e sua influência no desempenho da usinagem tem sido um tópico de investigação no corte de metais ao longo dos tempos. As técnicas de usinagem emergentes, como torneamento e fresamento de metais duros, micro-usinagem, onde a espessura do cavaco não deformado e as dimensões da aresta da ferramenta estão na mesma ordem de grandeza, exigem cunhas de corte que possam suportar elevadas tensões mecânicas e térmicas, conseqüentemente, menor taxa de desgaste, além de serem capazes de usinar por um prolongado tempo (Karpát; Özel, 2007). Sabe-se, ainda, que deve-se evitar construir arestas pontiagudas nas ferramentas, como mostrado na Fig. (2a), devido ao pequeno ângulo da ponta formado, que implica em menor resistência ao impacto, podendo levar à quebra da mesma. Portanto, os fabricantes de ferramentas de corte introduziram diferentes formas de preparação da cunha cortante, como: chanfrada, arredondada, ou a combinação de raio e chanfro (Machado et al., 2009; Karpát; Özel, 2007; Özel et al., 2005; Hanna, 2003 e Bezerra, 2003). A Figura (2) apresenta alguns tipos de cunha cortante e algumas formas de preparação mais utilizadas em ferramentas de PCBN.

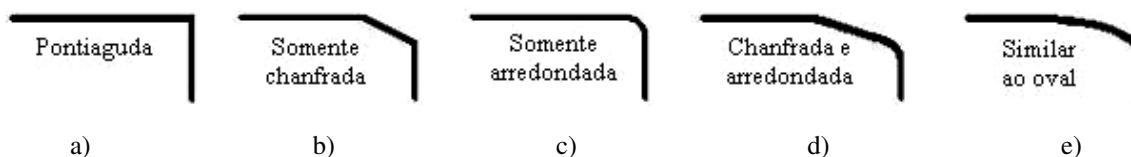


Figura 2. Formas de cunha cortante de ferramentas de PCBN (adaptado de ÖZEL et al., 2005).

As ferramentas chanfradas (Fig. 2b) são geralmente usadas no torneamento de desbaste e corte interrompido. A aresta de corte chanfrada aumenta a resistência da ponta da ferramenta, porém eleva as forças de corte. As ferramentas com arestas de corte arredondadas (Fig. 2c) são empregadas em operações de torneamento de acabamento, uma vez que o arredondamento da ponta da ferramenta aumenta a resistência da aresta o suficiente para esta operação. As geometrias com combinação de raio e chanfro (Fig. 2d) facilitam o fluxo de material da peça (cavaco) na frente da ferramenta. A geometria da aresta na forma de arredondamento similar à oval (Fig. 2e) combina as características das ferramentas arredondadas e chanfradas, tais como: o aumento da resistência ao impacto da ponta da ferramenta e do ângulo de saída da ferramenta. Sua geometria na forma similar ao oval facilita o fluxo de material da peça na frente da ferramenta. A seleção apropriada da geometria da aresta (raio da aresta, ângulo do chanfro e altura) pode ser possível, uma vez que o comportamento do fluxo de material em torno da aresta de corte é bem compreendido. O efeito da geometria da aresta no mecanismo de corte tem sido investigado por vários pesquisadores, usando métodos analíticos, computacionais (elementos finitos) e experimentais (Karpát; Özel, 2007).

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Os ensaios foram realizados em anéis de aço sinterizado de difícil usinagem, com dureza de 370 a 410 HB, utilizados na fabricação de sedes de válvulas de motores automotivos. A metodologia consistiu no rebaixamento das sedes de válvulas através do uso de uma ferramenta rotativa com quatro lâminas de PCBN, dispostas a 90° uma da outra e em posições axiais distintas no corpo da ferramenta de corte, como mostrado na foto da Fig. 3a. A ferramenta utilizada neste trabalho é idêntica à usada na linha de produção da indústria e possui um alargador de desbaste, usado na

usinagem das guias de válvulas. Os ângulos de posição das lâminas são: 15°, 30°, 45° e 90° (Fig. 3b). A ferramenta gira e avança verticalmente sobre o anel (Fig. 3c). As lâminas usinam o anel consecutivamente para criar chanfros com ângulos diferentes no seu diâmetro interno, gerando o perfil da sede de válvula (Fig. 4b). 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 ou 3 voltas completas para reduzir os desvios de circularidade da sede de válvula, só então a ferramenta retorna para a posição inicial.

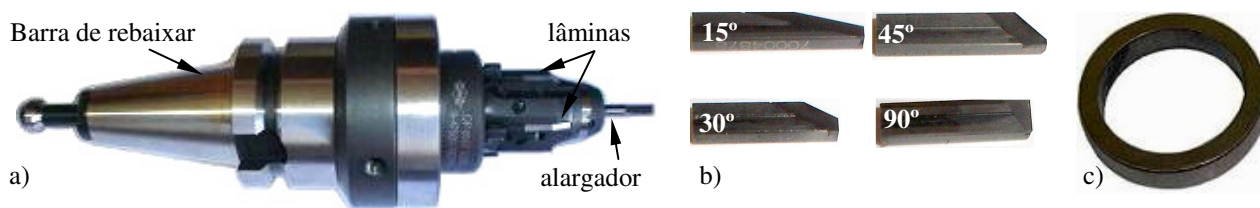


Figura 3. Barra de rebaixar fabricada pela Mapal®: a) foto da barra; b) lâminas de PCBN empregadas na operação de desbaste das sedes de válvulas e c) anel em bruto da sede de válvula.

2.1 Anéis de Aço Sinterizado (Sedes de Válvulas)

Conforme mencionado anteriormente, 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 interna de produção Fiat® Automóveis Spa Itália (Fiat, 2005). Essa classificação e principais características são apresentadas na Tab. 1.

Tabela 1. Características principais do material utilizado nos testes (Fiat, 2005).

	Composição Química [%]							Características Estruturais		
	C	Co	Mo	Ni	Mn	S	Outros	Fe	Densidade [kg/m ³]	Dureza [HB]
Mín.	0,8	9	2	1	0,3	0,2	≤ 1,5	resto	≥ 7400	370
-	-	-	-	-	-	-				
Máx.	1,3	11	3	2	0,7	0,6				

Obs.: outros = elementos metálicos anti-atrito.

A Figura (4a) apresenta o desenho do anel de aço sinterizado antes da usinagem; e a Fig. (4b) mostra o perfil do anel após a usinagem, onde podem ser observados detalhes da geometria da sede de válvula. Na indústria automobilística, o anel e a guia são resfriados com nitrogênio líquido e montados por interferência no cabeçote do motor em uma máquina especial. A operação de rebaixamento é feita horizontalmente em outra máquina.

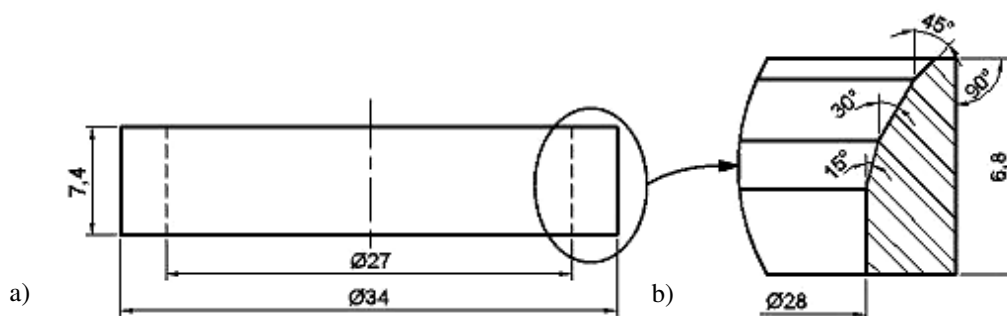
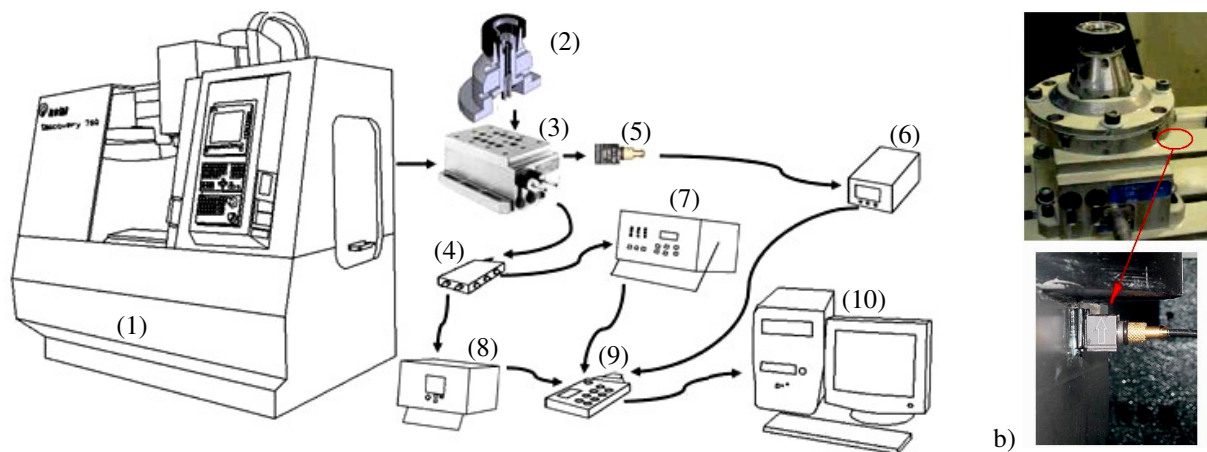


Figura 4. Anel de aço sinterizado: a) antes da usinagem, b) perfil final (valores em mm).

2.2 Equipamentos e Instrumentos de Medição

Os testes experimentais foram realizados em um Centro de Usinagem Vertical CNC ROMI® da linha Discovery, modelo 760, com comando numérico Siemens 810, com faixa de velocidades de 10 a 10.000 rpm e potência do motor principal de 12,5 cv. Para a medição da força axial e aceleração (vibração) alguns instrumentos foram montados no centro de usinagem como ilustrado na Fig. (5).



- a)
- | | |
|---|--|
| (1) Máquina-ferramenta ROMI [®] , Discovery 760 | (6) Condicionador de sinais NEXUS [®] |
| (2) Dispositivo de fixação de sede de válvula | (7) Amplificador de carga Kistler [®] 5019B |
| (3) Dinamômetro Kistler [®] 9265B | (8) Amplificador de carga Kistler [®] 5070A |
| (4) Caixa de distribuição Kistler [®] 5407A | (9) Módulo de entrada e saída BNC-2110 |
| (5) Acelerômetro da Brüel&Kjaer [®] , tipo 4501A | (10) Computador com placa de aquisição |

Figura 5. Ilustração esquemática dos equipamentos e instrumentos de medição utilizados nos testes.

2.3. Dispositivo de Fixação da Sede e Guia de Válvula

Em função do número limitado de cabeçotes disponíveis para os testes experimentais, foi projetado um dispositivo especial, para fixação dos anéis e guias de válvulas no local correto, para se rebaixar as sedes de válvulas com a ferramenta mostrada na Fig. 3a. A Figura (6) mostra duas fotos do dispositivo construído, que tem uma pinça que mantém os anéis com uma tensão radial próxima à que eles são submetidos ao serem montados no cabeçote do motor. Um torquímetro aplica um torque de 75 N.m, de modo a garantir a mesma constrição para todos os anéis.

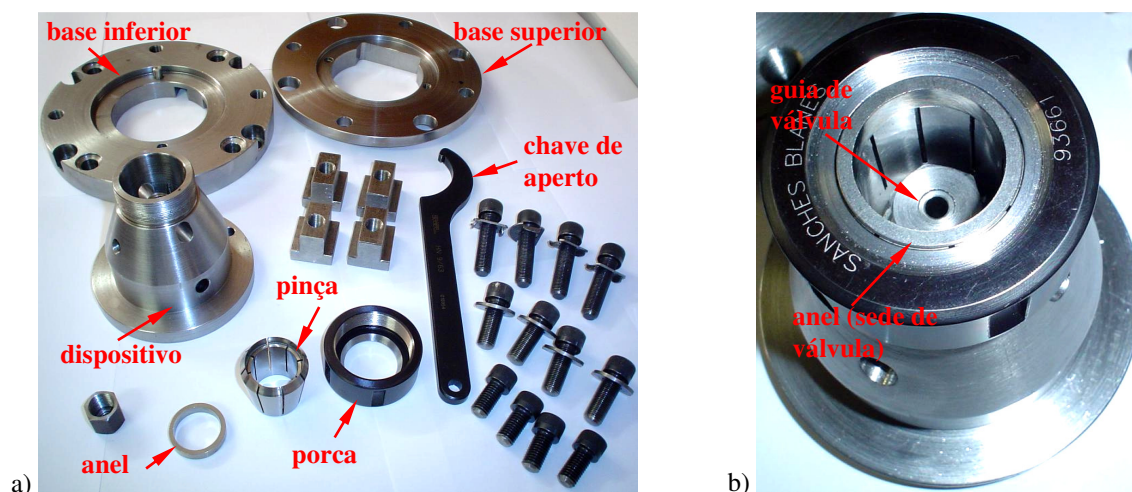


Figura 6. Dispositivo usado para fixação das sedes e guias de válvulas: a) desmontado, b) montado.

3. INFLUÊNCIA DO ARREDONDAMENTO FINO DA ARESTA DE CORTE DO CHANFRO-T DAS LÂMINAS DE PCBN UTILIZADAS NA USINAGEM DAS SEDES DE VÁLVULAS DE ADMISSÃO

As lâminas de PCBN novas têm arestas de corte chanfradas (chanfro-T), com raio “Rn” quase nulo, como ilustrado na Fig. (7b). A geometria final da sede de válvula depende da posição axial e do ângulo de posição de cada lâmina. Outros fatores, decorrentes da usinagem, como vibração, parâmetros de corte, torque, forças de corte, dentre outros, afetam o acabamento superficial da sede. As forças radiais são inversamente proporcionais ao ângulo de posição. É claro que a lâmina de 90° não gera força radial. A lâmina de 15° gera a maior força radial e é a primeira a cortar, seguida pelas lâminas de 30° e 45°. A força radial resultante de um conjunto de lâminas novas que possuem arestas de corte chanfradas, combinada com a limitada rigidez de qualquer máquina-ferramenta, geram vibrações que prejudicam o processo de usinagem das sedes de válvula. Além disso, aceleram o desgaste da cunha cortante das lâminas e podem levar à falha catastrófica, como lascamentos e/ou quebras (Siqueira; Lacerda, 2008; Rocha et al., 2004).

Os testes preliminares de usinagem das sedes de válvulas de admissão com lâmina de PCBN de 15° com aresta de corte modificada mostraram que existe uma microgeometria ideal da cunha cortante para a redução das amplitudes de vibrações durante a operação de rebaixamento. As repetições com outras condições de corte mostraram o mesmo resultado. Para investigar o efeito de outros raios de arredondamento da aresta de corte do chanfro-T sobre os níveis de vibração e desvios de circularidade, vários testes foram realizados. Os raios de arredondamento fino das arestas de corte do chanfro-T selecionados foram: 0, 10, 30, 60, 90 e 110 μm (Fig. 7c) para todas as lâminas (15°, 30°, 45° e 90°). As condições de corte foram: avanço de 0,04 e 0,10 mm/volta, velocidade de corte de 80 m/min e fluido de corte com concentração de 8% de óleo emulsionável. A ferramenta girava três voltas depois da parada do avanço, antes de retornar à posição inicial. Estes testes foram repetidos quatro vezes e os valores quadráticos médios ou RMS (do inglês *root mean square*) da força axial e nível de vibração foram calculados. A Tab. 2 apresenta esses resultados.

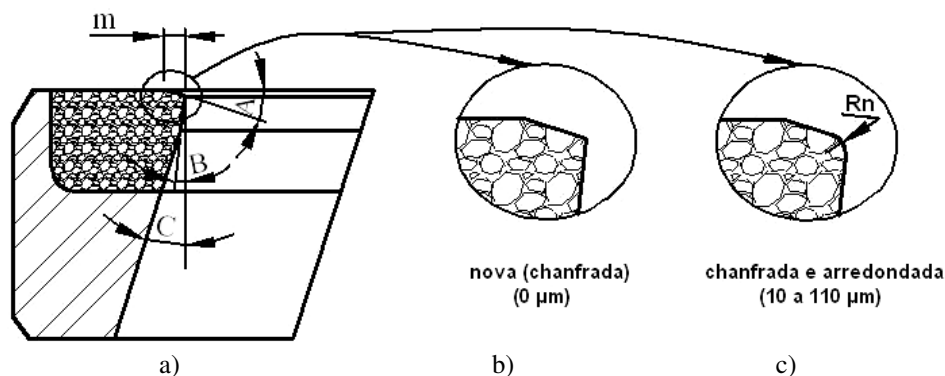


Figura 7. Geometria da cunha cortante de uma lâmina de PCBN de 15°: a) desenho com as principais dimensões; b) aresta chanfrada, e c) arredondamento da aresta de corte do chanfro-T.

Tabela 2. Resultados dos testes com jogos de lâminas novas e arredondadas.

Teste	Rn [μm]	f [mm/volta]	Fz [N]	Vib [m/s^2]	Circ [μm]
1	0	0,04	146 \pm 21	43 \pm 12	39 \pm 9
2	0	0,10	177 \pm 28	44 \pm 8	38 \pm 15
3	10	0,04	136 \pm 22	43 \pm 12	36 \pm 12
4	10	0,10	188 \pm 51	41 \pm 13	35 \pm 16
5	30	0,04	174 \pm 4	38 \pm 3	30 \pm 4
6	30	0,10	219 \pm 6	13,5 \pm 5,2	27 \pm 5
7	60	0,04	246 \pm 6	0,8 \pm 0,1	10,4 \pm 1,3
8	60	0,10	369 \pm 8	0,8 \pm 0,1	9,4 \pm 0,6
9	90	0,04	356 \pm 28	28 \pm 4	44 \pm 7
10	90	0,10	501 \pm 5	2,3 \pm 0,5	16,0 \pm 5,1
11	110	0,04	323 \pm 9	12,8 \pm 1,9	51 \pm 9
12	110	0,10	512 \pm 28	2,5 \pm 0,6	22 \pm 2

Em que: Fz = força axial; Vib = vibração; Circ = desvio de circularidade.

Os testes realizados com jogos de lâminas PCBN com cunha de cortante chanfrada e arredondada mostraram que a força axial tende a aumentar com o aumento do raio de arredondamento fino da aresta de corte (Fig. 8), como já era esperado e de acordo com trabalhos de outros autores, como Karpát; Özel (2007), Machado et al. (2009). A força axial aumentou em média 189%, comparando o jogo de lâminas novas (raio 0 μm) com as chanfradas com raio de arredondamento da aresta de 110 μm , passando de 177 N para 512 N. Esse raio de arredondamento da aresta de corte do chanfro-T é como uma ferramenta em final de vida, com desgaste excessivo. Ferramentas desgastadas não só reduzem a exatidão da geometria da peça, mas também aumentam drasticamente as forças de corte. Esse mesmo comportamento foi observado nos trabalhos de pesquisa de Zhou et al. (2003), Qian e Hossan (2007), Kountanya et al. (2009).

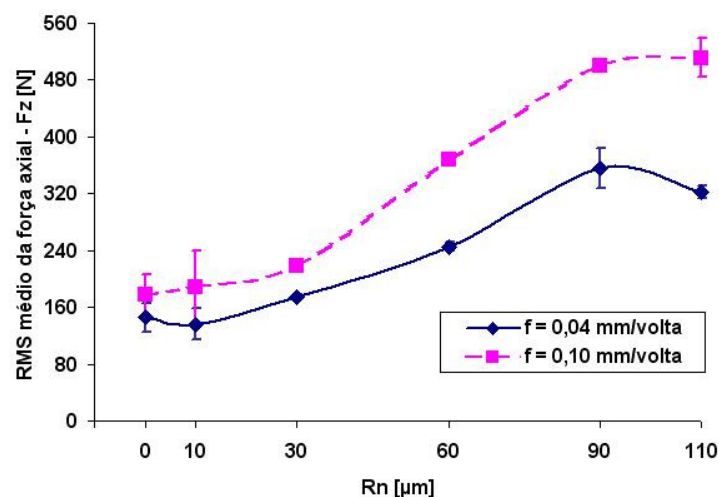


Figura 8. RMS médio das forças de axial (Fz) com lâminas novas e arredondadas.

A Figura (9) mostra o RMS médio da aceleração e o desvio de circularidade com a variação do raio de arredondamento fino da aresta de corte do chanfro-T. O resultado mais eficaz foi o teste 8, com avanço de 0,10 mm/volta e raio de arredondamento da aresta de corte do chanfro-T de 60 μm , obtendo uma redução de 98 % comparando-o com o teste 1. O RMS médio da amplitude de aceleração reduziu de 44 para 0,8 m/s^2 . O desvio de circularidade reduziu 75 %, decrescendo de 38 para 9 μm . Esta é uma clara indicação de que o chanfro-T deve ter as arestas de corte arredondadas, cujo valor ideal é algo em torno de 60 μm . A usinagem com o jogo de lâminas novas mostrou uma grande variação dos valores medidos, como indicado pelo desvio padrão na Fig. (9). Os melhores resultados obtidos foram para o raio de aresta do chanfro-T com 60 μm . Essa redução nos valores com o aumento do raio da aresta de corte (Rn) do chanfro-T deve-se, provavelmente, ao aumento da força axial, que pressiona a ferramenta contra o anel, eliminando as folgas dos rolamentos dos mancais do eixo-árvore da máquina, tornando o sistema mais rígido. A Figura (8) mostrou que este é um dos casos em que a força axial aumentou consideravelmente.

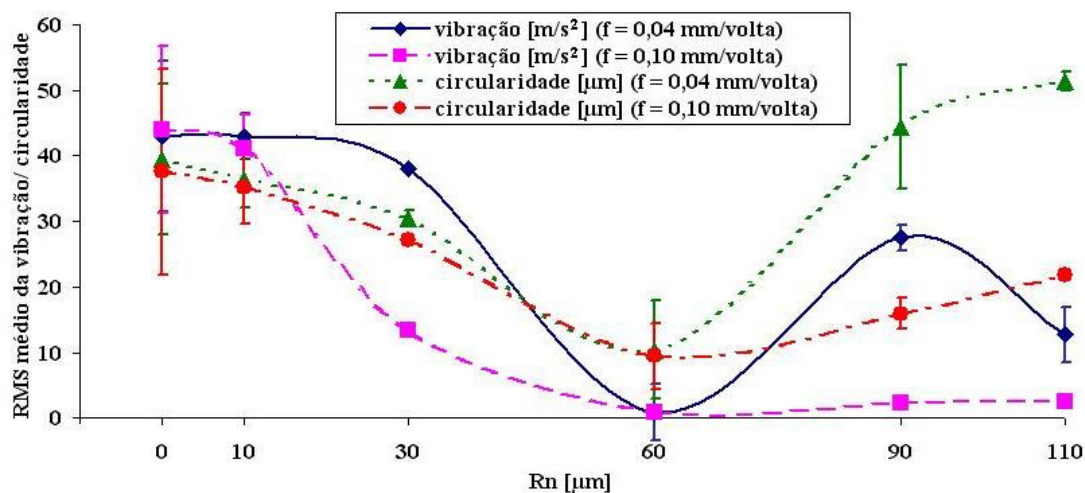


Figura 9. RMS médio da vibração e valor médio do desvio de circularidade com jogo de lâminas novas e arredondadas.

3.1 Proposta de Modificações na Operação de Rebaixamento das Sedes de Válvulas

Os resultados indicaram que existe um desequilíbrio das forças de corte na ferramenta atual, com um jogo de lâminas com arestas de corte chanfradas. Logo, esse desequilíbrio das forças, aliado à rigidez limitada da máquina-ferramenta, inviabiliza a operação de usinagem das sedes de válvulas com todas as lâminas montadas na barra de rebaixar, utilizada nessa operação. Existe durante toda a operação, uma força resultante rotativa, de amplitude considerável, que não é absorvida totalmente pelos mancais do eixo-árvore e que causa vibrações. Portanto, para gerar o perfil desejado da sede de válvula com pequena amplitude de vibração, desvios de circularidade mínimos e um bom acabamento superficial, é necessário alterar a disposição das ferramentas, colocando lâminas idênticas diametralmente opostas, de 15° e 30° na ferramenta de desbaste e 45° e 90° na ferramenta de acabamento, conforme mostrado na Fig. (10). Com isso, haverá um cancelamento mútuo das forças de corte radiais e tangenciais de cada lâmina, minimizando a

força resultante que provoca as vibrações excessivas. Além disso, a aresta de corte do chanfro-T deverá ter um raio de arredondamento fino de aproximadamente 60 μm (Fig. 11).

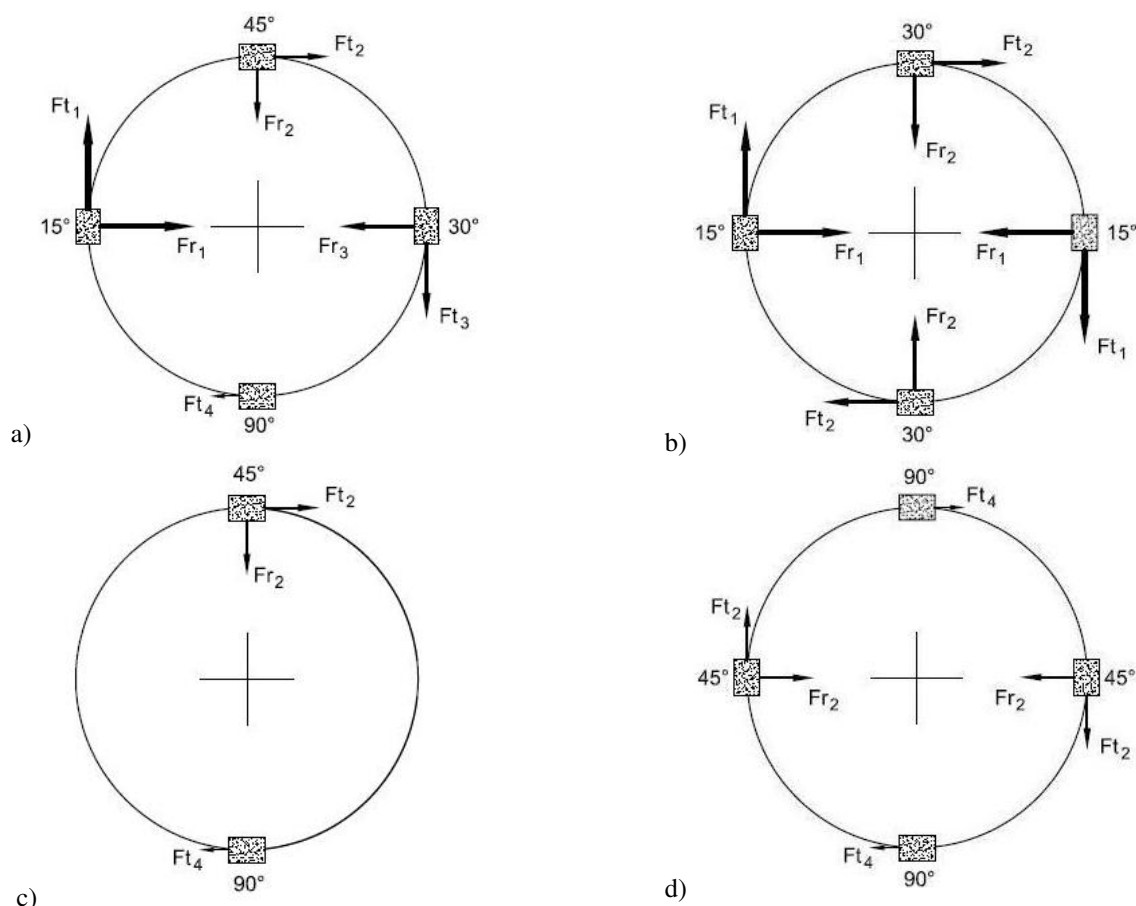


Figura 10. Disposição das lâminas. Ferramenta de desbaste: atual (a) e a proposta de alteração (b). Ferramenta de acabamento: atual (c) e a proposta de modificação (d).



Figura 11. Aresta de corte do chanfro-T das lâminas de PCBN: a) atual; e b) proposta de modificação, Rn de aproximadamente 60 μm .

4. CONCLUSÕES

Foi observado que o rebaixamento das sedes de válvulas automotivas é uma operação difícil, porque o sistema tribológico é agressivo. A usinagem é realizada com uma ferramenta com quatro lâminas de PCBN, onde cada uma gera diferentes forças tangenciais, axiais e radiais em instantes de tempo diferentes, durante alguns segundos de operação. Assim, há uma falta de equilíbrio entre as forças de corte geradas durante o processo e uma força resultante considerável, que gira na velocidade angular do eixo-árvore da máquina-ferramenta. Esta força resultante aumenta progressivamente e as máquinas possuem uma rigidez limitada. Como resultado, observou-se uma vibração excessiva, que pode causar desvios de circularidade e qualidade superficial inaceitáveis.

A investigação começou a partir do estudo do material do anel e a conclusão é que a sua composição química, dureza e porosidade estão de acordo com as especificações técnicas da linha automotiva. Além disso, o material teve uma usinabilidade razoável. Foi observado que a amplitude de aceleração (vibração) com lâminas chanfradas novas causa marcas visíveis de trepidação, prejudicando a geometria final das sedes de válvulas. A segunda etapa da pesquisa foi a busca de parâmetros de corte ideais, que pudessem gerar um corte estável, com pequena amplitude de vibração, boa qualidade superficial e uma vida longa para as lâminas. Os resultados não foram satisfatórios e a conclusão foi que esses parâmetros não existem para o conjunto máquina-ferramenta-peça utilizado nos ensaios. Então, a atenção foi dirigida à geometria da lâmina. A indústria de ferramentas de corte para linha automotiva especifica uma lâmina de PCBN com apenas um chanfro na aresta de corte, chamado de “chanfro-T”. Os testes experimentais mostraram que

existe uma grande redução no valor médio da vibração (aceleração) e do desvio de circularidade quando há um raio de arredondamento fino da aresta do chanfro-T das lâminas de PCBN. A conclusão é que, a fim de gerar o perfil desejado da sede de válvula com pequena amplitude de vibração, desvios de circularidade mínimos e um bom acabamento superficial, é necessário que a aresta do chanfro-T tenha um raio de aresta de aproximadamente 60 μm . As análises realizadas mostraram ainda que, para esta aresta de corte arredondada, existem parâmetros de corte ideais. Nos testes realizados, a velocidade de corte ideal está na faixa de 80 a 100 m/min e o avanço ideal de 0,04 a 0,08 mm/volta. Foram propostas modificações no projeto da barra de mandrilar que eliminam o problema do desequilíbrio de forças de corte.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e Instituto Fábrica do Milênio (IFM) pelo apoio financeiro. Agradecem também à FIAT Powertrain Technologies (FPT), Mapal ferramentas, pelos materiais de consumo e apoio técnico. Agradecem à equipe do LEPU/UFU e do LTM/UFU pelo suporte técnico. O primeiro autor agradece ao Instituto Federal de Goiás (IFG) por tê-lo liberado para fazer essa pesquisa e pela utilização das sua infra-estrutura, com destaque para o Núcleo de Pesquisa em Fabricação (NUPEF) e sua equipe.

6. REFERÊNCIAS

- Anfavea, 2009. “Carta da Anfavea, sobre a Produção Anual de Autoveículos no Brasil de Janeiro a Novembro de 2009”. Publicação mensal. N. 283. dezembro de 2009. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>>. Acesso em: 10 dez. 2009.
- Bezerra, S. C., 2003. “Policristalinos de Diamante Sintético Man-Made[®] COMPAX[®]”. Slides sobre usinagem com ferramentas superabrasivas. Usinagem GE Superabrasives. 61p.
- Fiat, 2005. “Norma interna da Fiat: Fiat Auto Normazione. Sedi Valvola In Materiale Sinterizzato”. F. A. Powertrain Ltda. Engenharia de Manufatura. Tecnologia de Ferramentas. Betim-MG.
- Giacosa, D., 1980. “Motores Endotérmicos”. 3.ed. Versión española por José González – Vallés Sánchez. Adaptada a 1ª undécima edición italiana por Juan J. Garrido Ibáñez. Madrid, España: Dossat, 1980. 757p.
- Hanna, 2003. “Catálogos de Alargadores de Lâminas Intercambiáveis de CBN”. n. 01/03. Hanna Soluções Integradas Headquarters. 19 p. Limeira-SP. Disponível em: <<http://www.hannatools.net/catalogos.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2009.
- Karpat, Y.; Özel, T.; 2007. “Mechanics of high speed cutting with curvilinear edge tools”. In: International Journal of Machine Tools & Manufacture. doi:10.1016/j.ijmactools.2007.08.015. v. 48. p. 195–208.
- Kountanya, R.; Al-Zkeri, I.; Altan, T., 2009. “Effect of Tool Edge Geometry and Cutting Conditions on Experimental and Simulated Chip Morphology in Orthogonal Hard Turning of 100Cr6 Steel”, Journal of Materials Processing Technology, vol. 209, Issue 11, ISSN 0924-0136, DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2009.02.011. p. 5068-5076.
- Machado, A. R.; Abrão, A. M.; Coelho, R. T.; Silva, M. B., 2009. “Teoria da Usinagem dos Materiais”. Revisor técnico Rosalvo Tiago Ruffino. 1ª ed. ISBN 978-85-212-0452-7. São Paulo: Edgard Blücher. 370p.
- Özel, T.; Hsu, T., Zeren, E., 2005. “Effects of Cutting Edge Geometry, Workpiece Hardness, Feed Rate and Cutting Speed on Surface Roughness and Forces in Finish Turning of Hardened AISI H13 Steel”. Journal: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Publisher: Springer London, ISSN: 0268-3768 (Print) 1433-3015 (Online), Issue: vol. 25, num. 3-4, feb. 2005, DOI: 10.1007/s00170-003-1878-5. p. 262-269.
- Qian, L.; Hossan, M. R., 2007. “Effect on cutting force in turning hardened tool steels with cubic boron nitride inserts”. In: Journal of Materials Processing Technology. V. 191. Issues 1-3. 2007. p. 274–278.
- Rocha, C. A.; Sales, W. F.; Barcellos, C. S.; Abrão, A. M., 2004. “Evaluation of the Wear Mechanisms and Surface Parameters when Machining Internal Combustion Engine Valve Seats Using PCBN Tools”. In: Journal of Materials Processing Technology. v. 145. doi:10.1016/j.jmatprotec.2003.10.004. p. 397–406.
- Siqueira, I. L.; Lacerda, H. L., 2008. “Forças e Vibrações no Mandrilamento das Sedes de Válvulas de um Motor de Combustão Interna”. Resumo expandido. 18º Simpósio do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Engenharia Mecânica. FEMEC/UFU, Uberlândia-MG. 2 p.
- Volvo, 2006. “Volvo 850 GLT Engine”. Seat valve. The Volvo Owners Club. Disponível em: <<http://www.volvoclub.org.uk/tech/850GLT-EngineTechInfo.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2006.
- Zhou, J. M.; Walter, H.; Andersson, M.; Stahl, J. E., 2003. “Effect of Chamfer Angle on Wear of CBN Cutting Tool”. In: International Journal of Machine Tools and Manufacture, v. 43, Issue 3. p. 301-305.

7. DIREITOS AUTORAIS

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

BORING OF THE ADMISSION VALVE SEATS OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Ideu Lúcio Siqueira, ils@ifg.edu.br¹

Helder Barbieri Lacerda, helder@mecanica.ufu.br²

¹Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás - IFG, 75th Street, nº 46, 74.055-110, Goiânia, GO.

²Federal University of Uberlândia, School of Mechanical Engineering, João Naves de Ávila Av., 2121, 1M Building, 38408-100, Uberlândia, MG.

Abstract. *The excessive vibrations are common during the chamfering of valve seats and induce operator to reduce cutting speed and feed rate, causing reduction of the productivity. The objective of this work was to study the chamfering of the intake valve seats of the cylinder head of an internal combustion engine. The valve seats are machined with PCBN blades from sintered steel rings with 370-410 HB hardness. This work was developed in a partnership with the companies Fiat Powertrain Technologies and Mapal Tools. The justification to do this work is that there was a need to know better the influence of cutting speed, feed rate and PCBN blade geometry in the vibrations and roundness deviations resulting from the machining of the valve seats. With this knowledge, modifications were proposed in order to obtain a stable cut, higher productivity, lower cost and a better sealing of the combustion chamber, resulting in smaller emission of gases from the engine. The analysis carried out showed that the vibrations and roundness deviations tend to reduce when applying cutting speed between 80 and 100 m/min, feed rate between 0.04 and 0.08 mm/rev, using PCBN blades with T-chamfer cutting edge honing around 60 µm.*

Keywords: *seat valve, sintered steel, boring, polycrystalline cubic boron nitride tools (PCBN)*

8. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.