

# ESTUDO DA ALTURA DA REBARBA FORMADA NO FRESAMENTO DE FACEAMENTO EM BLOCOS MOTORES DE FERRO FUNDIDO CINZENTO EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE CORTE

## **Luiz Carlos da Silva**

Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, Rua 75, Nº 46, Centro, CEP: 74055-110, Goiânia/GO, [lcds@cefetgo.br](mailto:lcds@cefetgo.br)

## **Anderson Clayton Alves de Melo**

Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Rua Aristides Novis, 02, 5º andar, Federação, Salvador/BA, CEP.: 40.210-630, [acamel@ufba.br](mailto:acamel@ufba.br)

## **Álison Rocha Machado**

Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, CEP.: 38.408-100, Uberlândia/MG, [alissonm@mecanica.ufu.br](mailto:alissonm@mecanica.ufu.br)

## **Walter Seppe**

Fiat-GM Powertrain, Avenida do contorno da Fiat, 3455, Betim/MG, CEP 32.530-000, [walterseppe@brf.fiat-gm-pwt.com](mailto:walterseppe@brf.fiat-gm-pwt.com)

**Resumo.** Este trabalho mostra os resultados obtidos de uma investigação da variação da altura da rebarba formada no fresamento de faceamento em blocos motores de ferro fundido cinzento. Foram utilizados insertos de cerâmica e PCBN montados em uma fresa com diâmetro de 160 mm e capacidade de vinte e dois insertos, sendo dezoito de desbaste e quatro de acabamento. Durante os ensaios foram variados a velocidade de corte, o avanço por dente, a profundidade de corte e o desgaste de flanco máximo. A medição da altura da rebarba foi realizada em nove posições diferentes das bordas de saída dos blocos, variando-se assim a posição da saída da ferramenta de corte do bloco em cada medição. Verificou-se que a altura da rebarba foi menor quando se utilizou insertos de PCBN. Observou-se ainda que quanto maior o desgaste de flanco, maior é a altura da rebarba formada e quanto mais próximo da extremidade da borda, menor é a altura desta. Também foi verificado que a altura da rebarba formada diminui com o aumento do avanço e que existe pouca influência da velocidade de corte na sua formação. Devido a baixa profundidade de corte utilizada nos ensaios quase não foi observado a presença de rebarba secundária.

**Palavras-chave:** Rebarba, fresamento, Bloco motor de ferro fundido cinzento.

## **1. INTRODUÇÃO**

A formação da rebarba ocorre em diversos processos de fabricação, o seu aparecimento é indesejável por vários motivos, dentre eles pode se destacar: surgimento de eventuais acidentes que podem comprometer a integridade física dos operadores, dificuldade de ajuste na linha de montagem; durante o tratamento térmico, às vezes, ocorrem trincas nas bordas devido à concentração de tensões nas rebarbas; em escoamento de fluidos compromete o fluxo de líquidos e gases, aumentando a perda de carga.

Existem várias definições para rebarba, o que pode ser justificado pela sua formação nos diversos processos de fabricação. Define-se rebarba como sendo uma projeção indesejável de

material formada pelo resultado do escoamento plástico na operação de corte ou cisalhamento, Ko e Dornfeld<sup>(1)</sup> e ASTM<sup>(2)</sup>.

O estudo dos mecanismos de formação das rebarbas permite uma previsão no tamanho e formato das mesmas e a partir da manipulação dos principais parâmetros de usinagem, torna-se possível evitar ou, pelo menos, minimizar a sua geração.

A maioria dos trabalhos sobre rebarbas classifica estas de três formas diferentes: com base no mecanismo de formação, em função da aresta de corte da ferramenta geradora da rebarba e usando a forma e a direção da rebarba como critérios.

Gillespie e Blotter<sup>(3)</sup>, identificaram três mecanismos básicos: a deformação lateral envolvendo o fluxo do material para a superfície livre da peça, flexão do cavaco na mesma direção do corte quando a ferramenta chega ao final da peça e ruptura por tração do material entre a peça e o cavaco. As rebarbas geradas por estes mecanismos foram classificadas em quatro tipos diferentes: do tipo Poisson, de encurvamento (*Rollover*), de estiramento (*tear*) e de ruptura (*cut-off*).

Nakayama e Arai<sup>(4)</sup>, julgaram conveniente classificar as rebarbas pela aresta de corte da ferramenta que está envolvida na sua formação e pela direção que a rebarba é formada na borda.

Na classificação das rebarbas formadas no fresamento de faceamento Gillespie<sup>(5)</sup> investigou a influência dos parâmetros de usinagem na dimensão e nos mecanismos de formação das mesmas. Foi proposta por ele a identificação usando o seguinte critério: Rebarba 1 – aparece no topo da borda, Rebarba 3 – aparece na borda perpendicular à superfície gerada, Rebarba 5 – rebarba de saída na direção do avanço, Rebarba 9 – na direção do corte, conforme a figura 1.

Kishimoto et al.<sup>(6)</sup> investigaram a formação das rebarbas 5 e 9 e introduziram os termos de rebarba primária e secundária para identificar as etapas da sua formação e dimensões, determinando as condições de corte para o seu aparecimento.

A profundidade de corte e o ângulo de saída da fresa da peça ( $\theta$ ) são fatores determinantes na dimensão da rebarba 5 e 9. Eles observaram que para um dado ângulo  $\theta$  existe um determinado intervalo de profundidade de corte responsável pela transição da rebarba primária para secundária, chamada de profundidade de corte de transição ( $a_{pt}$ ), conforme mostra o gráfico da figura 2, onde  $h$  é a altura da rebarba.

No fresamento de faceamento, em pequenas profundidades, o corte será formado principalmente pela aresta secundária da ferramenta, gerando-se a rebarba primária. A medida em que a profundidade de corte aumenta, a participação da aresta secundária de corte diminui (dividindo a função do corte com a aresta principal) gerando-se a rebarba de transição. A geração da rebarba secundária acontece quando a ação do corte ocorre principalmente pela aresta principal da ferramenta de corte.

Observa-se que a rebarba secundária tem altura bastante reduzida em relação à rebarba primária. Devido ao seu tamanho reduzido, Kishimoto *et al.*<sup>(6)</sup>, Olvera e Barrow<sup>(7)</sup> passaram a considerar as bordas formadas por rebarba secundária como regiões livres de rebarba.

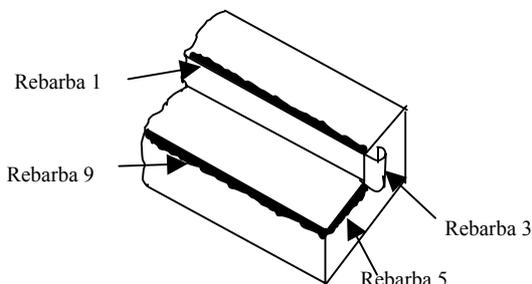


Figura 1. Alguns tipos de rebarbas formadas na operação de fresamento (Gillespie, L. K. 1976).

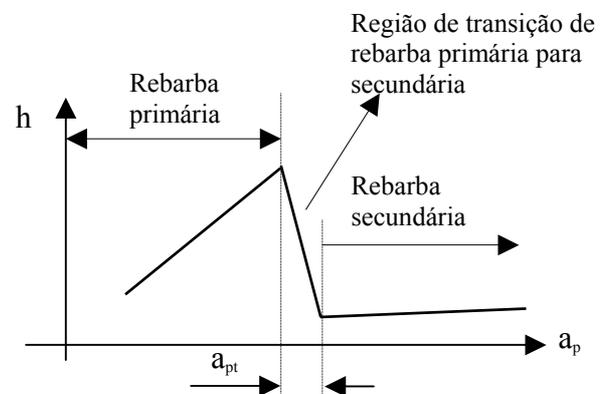


Figura 2. Formação e transição da rebarba primária para secundária.

Ao processo da retirada das rebarbas é dado o nome de rebarbação. Essa operação pode ser feita utilizando equipamentos apropriados como as estações para lavagem à alta pressão d'água, jateamento de abrasivos e as máquinas de eletro-oxidação, sendo estes instalados na planta da linha de produção. Outros recursos também utilizados são as ferramentas abrasivas operadas manualmente.

Neste trabalho foi verificado a influência do desgaste de flanco máximo ( $VB_{Bmax}$ ), da posição da ferramenta (ângulo de saída da ferramenta de corte da peça -  $\theta$ ), da velocidade de corte ( $V_c$ ), do avanço por dente ( $f_z$ ) e da profundidade de corte ( $a_p$ ) na altura da rebarba formada na borda de saída no fresamento de faceamento de blocos de motores de ferro fundido cinzento, utilizando insertos de cerâmica e PCBN.

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os ensaios foram divididos em duas partes, uma para insertos de cerâmica e outra de PCBN. Em ambos foram variados a velocidade de corte ( $V_c$ ), o avanço por dente ( $f_z$ ), a profundidade de corte ( $a_p$ ) e o desgaste de flanco máximo ( $VB_{Bmax}$ ). Foi realizada a medição da altura da rebarba ( $h$ ) em vários ângulos de saída da ferramenta de corte da peça ( $\theta$ ), principalmente para  $\theta$  de  $180^\circ$ , onde a rebarba é maior. A tabela 1 mostra os níveis das variáveis nos ensaios de cerâmica e na tabela 2 para PCBN.

Tabela 1- Níveis das variáveis utilizadas nos ensaios para insertos de cerâmica.

| <u>Condições</u>   |                         | <u>Condições</u>   |          | <u>Condições</u>  |            | <u>Condições</u>  |         |
|--|-------------------------|--|----------|---|------------|---|---------|
| Vc = 1000m/min<br>ap = 0,5mm<br>θ° = 180°<br>fz = 0,04mm/z |                         | Vc = 1000m/min<br>ap = 0,5mm<br>θ° = 180°<br>VB <sub>Bmax</sub> = 0,60mm |          | VB <sub>Bmax</sub> = 0,60mm<br>ap = 0,5mm<br>θ° = 180°<br>fz = 0,04mm/z |            | Vc = 1000m/min<br>VB <sub>Bmax</sub> = 0,60mm<br>θ° = 180°<br>fz = 0,04mm/z |         |
| Ensaio N°  | VB <sub>Bmax</sub> (mm) | Ensaio N°  | fz (m/z) | Ensaio N°   | Vc (m/min) | Ensaio N°   | ap (mm) |
| 1  | 0,0                     | 5  | 0,02     | 10  | 750        | 15  | 0,05    |
| 2  | 0,11                    | 6  | 0,04     | 11  | 1000       | 16  | 0,2     |
| 3  | 0,30                    | 7  | 0,06     | 12  | 1250       | 17  | 0,35    |
| 4  | 0,60                    | 8  | 0,08     | 13  | 1500       | 18  | 0,5     |
|  |                         | 9  | 0,10     | 14  | 1750       | 19  | 0,65    |

Para cada ferramenta de corte foram realizados 19 ensaios, mais três replicas para cada, totalizando então, 76 ensaios para insertos de cerâmica e outros 76 para PCBN.

Tabela 2 - Níveis das variáveis utilizadas nos ensaios para insertos de PCBN.

| <u>Condições</u>   |                         | <u>Condições</u>   |          | <u>Condições</u>  |            | <u>Condições</u>  |         |
|--|-------------------------|--|----------|---|------------|---|---------|
| Vc = 1000m/min<br>ap = 0,5mm<br>θ° = 180°<br>fz = 0,04mm/z |                         | Vc = 1000m/min<br>ap = 0,5mm<br>θ° = 180°<br>VB <sub>Bmax</sub> = 0,60mm |          | VB <sub>Bmax</sub> = 0,60mm<br>ap = 0,5mm<br>θ° = 180°<br>fz = 0,04mm/z |            | Vc = 1000m/min<br>VB <sub>Bmax</sub> = 0,60mm<br>θ° = 180°<br>fz = 0,04mm/z |         |
| Ensaio N°  | VB <sub>Bmax</sub> (mm) | Ensaio N°  | fz (m/z) | Ensaio N°   | Vc (m/min) | Ensaio N°   | ap (mm) |
| 77   | 0,0                     | 81   | 0,02     | 86  | 750        | 91  | 0,05    |
| 78   | 0,11                    | 82   | 0,04     | 87  | 1000       | 92  | 0,2     |
| 79   | 0,30                    | 83   | 0,06     | 88  | 1250       | 93  | 0,35    |
| 80   | 0,60                    | 84   | 0,08     | 89  | 1500       | 94  | 0,5     |
|  |                         | 85   | 0,10     | 90  | 1750       | 95  | 0,65    |

A peça fresada foi o bloco de motor FIRE de Ferro Fundido Cinzento GH 190UNI, fornecido pela Fiat GM Powertrain com a seguinte composição química: %C - 3,2 a 3,5; %Si - 1,5 a 2,0; %Cr - 0,20; %S - 0,15; %P - 0,10. A parte usinada foi o plano de apoio do cabeçote, onde é

colocada a junta de união entre o bloco e o cabeçote. A figura 3 mostra a peça e a superfície usinada.

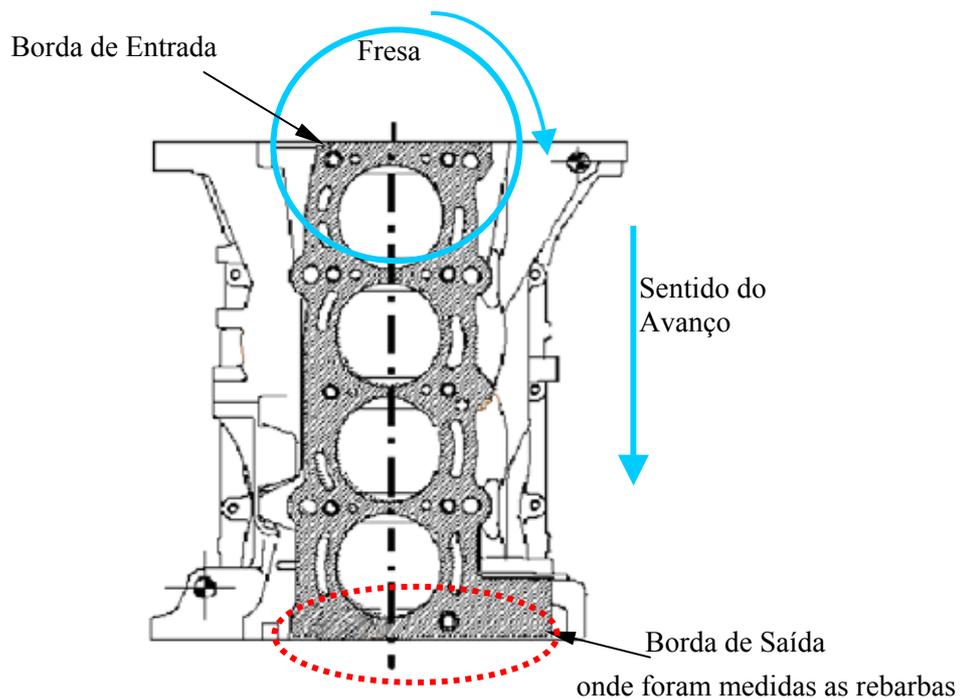


Figura 3 . Bloco do motor e plano a ser usinado

Os ensaios foram realizados em uma fresadora CNC modelo INTERACT 4 da Romi com as seguintes características: Potência disponível de 7Cv, Rotação variável de 4 a 4000rpm, Avanço variável de no máximo 5000 mm/min, Curso do eixo Z de 320 mm.

A fresa utilizada tem diâmetro nominal de 160 mm, com especificação F-2146.0.40.063.160 fornecida pela Walter do Brasil. É constituída de vinte e dois alojamentos para inserts com geometria octo. Dos vinte e dois alojamentos tem-se dezoito para inserts com geometria de desbaste, e quatro, com geometria alisadora, conforme mostrado em detalhe na figura 4.

Os alojamentos dos inserts alisadores possuem regulagem no sentido axial para garantir a planaridade entre eles e os inserts de desbaste e o bom acabamento superficial.

Os inserts utilizados são de geometria ISO do tipo Octo – OPHN0504 – AZ<sup>TM</sup> e os alisadores do tipo OPHX0505ZZRA27<sup>TM</sup>. As ferramentas de cerâmica a base de Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> foram fornecidas pela Walter do Brasil. As de PCBN da mesma forma, foram fornecidas pela Walter do Brasil, sendo constituída por uma placa de PCBN brasada em uma base de metal duro. A figura 5 mostra os inserts utilizado nos ensaios.

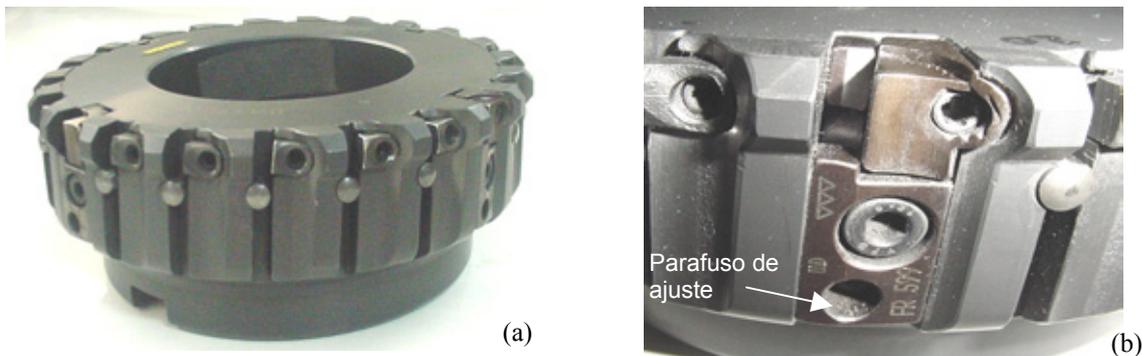


Figura 4 . (a) Fresa utilizada nos ensaios. (b) Detalhe do Parafuso de ajuste dos inserts alisadores.

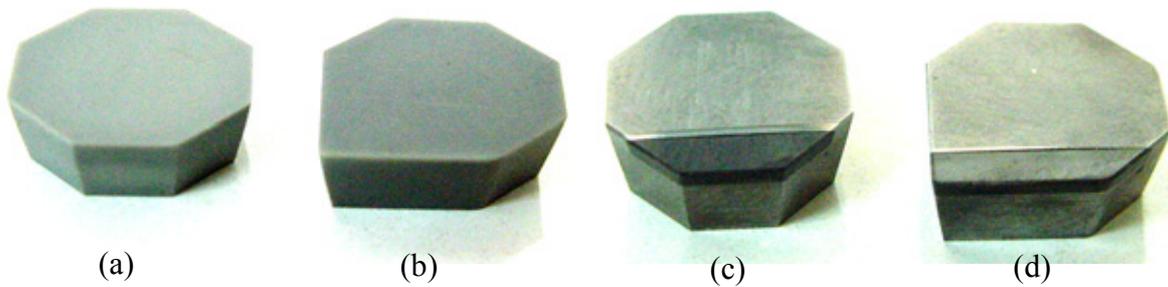


figura 5 . Ferramentas utilizadas nos ensaios. Inserto de cerâmica (a) desbaste, (b) alisadores. Insertos de PCBN (c) desbaste, (d) alisadores

O sistema de medição adotado foi desenvolvido pela equipe de pesquisadores do LEPU da UFU e o equipamento consiste do circuito aberto de um medidor de continuidade. O circuito é fechado quando o apalpador encontrar uma pequena extensão da peça, no caso a ponta da rebarba. No instante em que o circuito se fecha, entra em funcionamento um indicador de continuidade luminoso e sonoro. A altura da rebarba, então, pode ser lida no painel da fresadora após o contato do apalpador nas posições indicadas na figura 6.

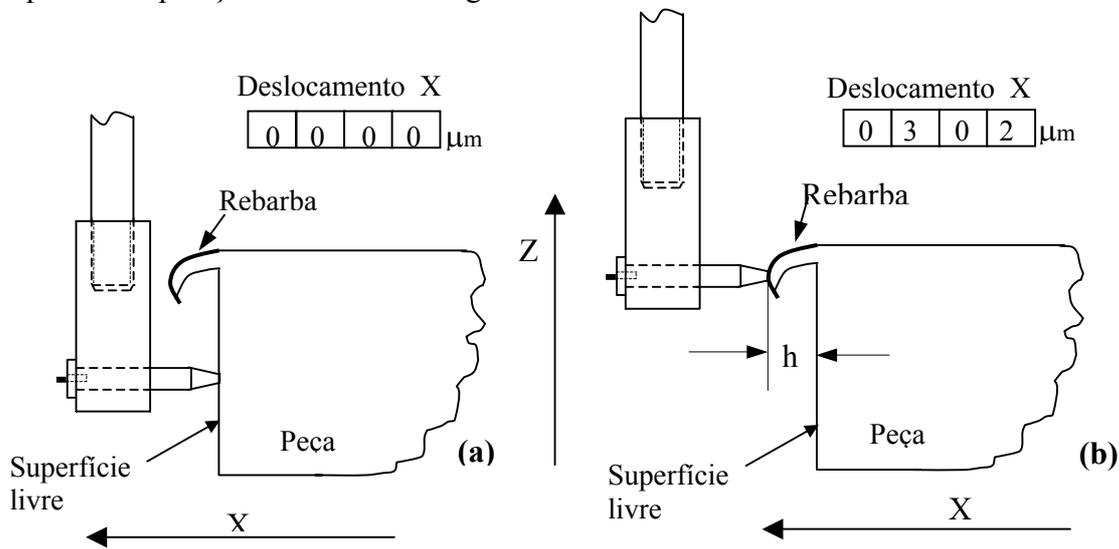


Figura 6 . Esquema de medição da rebarba

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considera-se ângulo de saída da ferramenta de corte da peça ( $\theta$ ) como sendo o ângulo entre a tangente do vetor velocidade de corte, na saída, e a aresta da superfície livre da peça, medido no plano da superfície gerada pelo corte. A borda a ser investigada, encontra-se perpendicular à direção do avanço, no início e no final do corte, portanto  $\theta$  será melhor representado pelo modelo mostrado na figura 7

A figura 8 mostra o comportamento da altura da rebarba com o ângulo de saída da ferramenta de corte da peça ( $\theta$ ) e se assemelha àqueles encontrados por Olvera & Barrow<sup>(7)</sup>, no fresamento de faceamento do aço carbono AISI 1040.

O ângulo de saída da ferramenta de corte da peça varia dentro do intervalo de  $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ . As rebarbas que aparecem neste intervalo tem o mecanismo de formação classificado por Gillespie & Blotter<sup>(2)</sup> como sendo rebarba de encurvamento em conjunto com a rebarba de estiramento,

Pelo gráfico, a rebarba é mais acentuada no intervalo de  $160^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ . Este crescimento pode ser justificado pela gradual aproximação da ferramenta ao final do corte, então a borda da peça sofre uma deformação plástica maior quando nela atua a força de corte, causando o dobramento do cavaco.

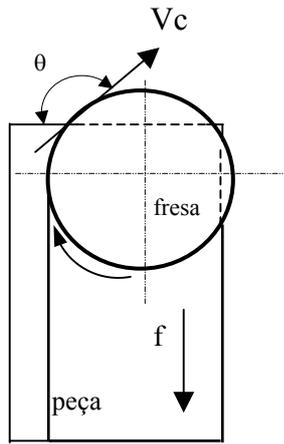


Figura 7 . ângulo de saída da ferramenta de corte da peça ( $\theta$ ).

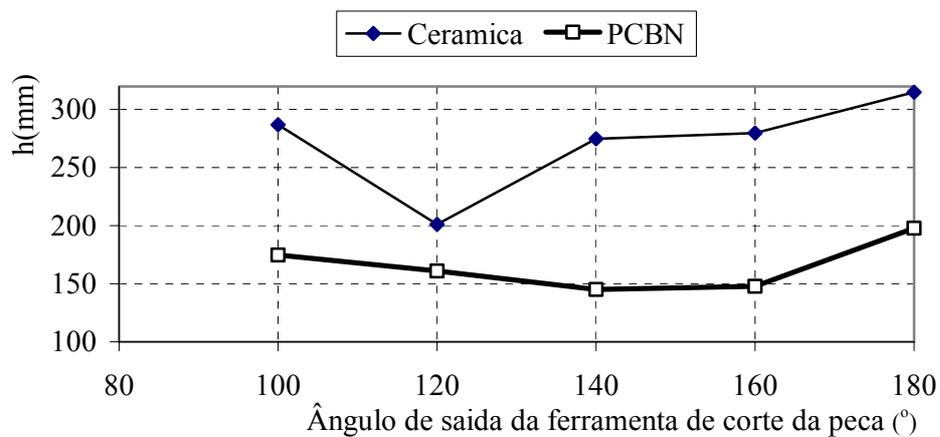


Figura 8 . Altura da rebarba em função do ângulo de saída da ferramenta de corte da peça – ( $\theta$ );  $V_c = 1000\text{m/min}$ ,  $a_p = 0,5\text{mm}$ ,  $VB_{B\text{max}} = 0,60\text{mm}$  e  $f_z = 0,04\text{mm/z}$ .

O desgaste da ferramenta de corte foi considerado uma variável de grande importância, pois ela influenciou de forma significativa a altura da rebarba, conforme pode ser observado na figura 9. Estes resultados coincidem com os encontrados por Souza Jr<sup>(8)</sup> e por Olvera & Barrow<sup>(7)</sup>.

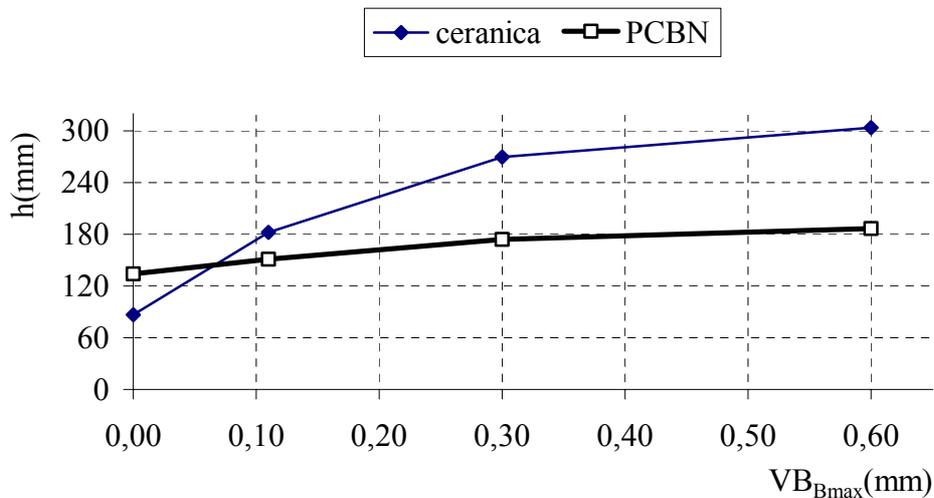


Figura 9 . Variação da altura da rebarba em função do desgaste de flanco máximo;  $V_c = 1000\text{m/min}$ ,  $a_p = 0,5\text{mm}$ ,  $\theta = 180^{\circ}$  e  $f = 0,04\text{mm/z}$ .

O desgaste altera a geometria original da ferramenta de corte, modificando a área de contato na interface cavaco ferramenta. Como consequência, várias outras modificações irão surgir sendo mais importante: o aumento na geração do calor, o aumento das forças de usinagem e a elevação da deformação plástica (Machado & da Silva<sup>(9)</sup>). Todas essas alterações podem promover o crescimento da rebarba.

O comportamento das dimensões da rebarba em função do avanço pode ser observado na figura 10. Há o decréscimo da altura da rebarba até o avanço de aproximadamente 0,06mm/z, para o PCBN, aumentando ligeiramente em seguida. Para cerâmica, a altura da rebarba tem o comportamento de descaimento no intervalo de 0,04 até 0,10 mm/z.

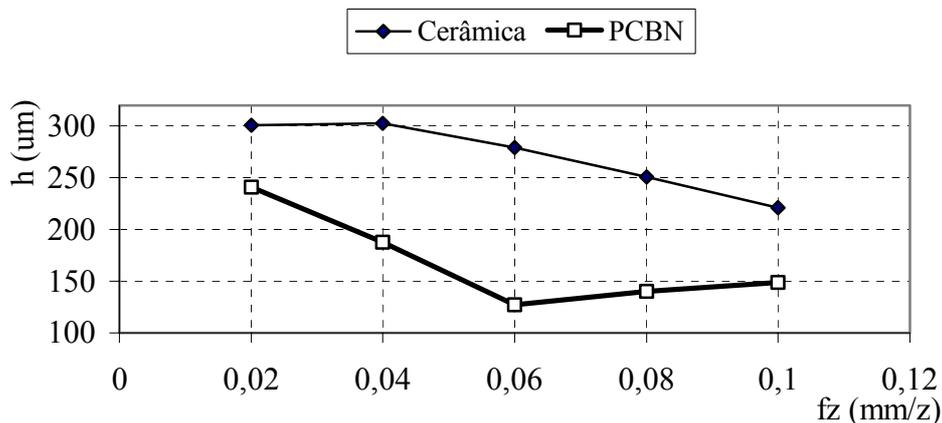


Figura 10 . Altura da rebarba em função do avanço por dente, considerando  $V_c = 1000$  m/min,  $a_p = 0,5$ mm,  $\theta = 180^\circ$  e  $VB_{Bmax} = 0,60$ mm.

Conforme o fresamento de faceamento, para pequenos avanços, a aresta da ferramenta de corte toca a peça, (superfície encruada devido ao corte anterior) gerando atrito em excesso e elevada temperatura, e em consequência alta deformação plástica, portanto não acontecendo o corte, inicialmente. Esta deformação promove o deslocamento de material que é denominado de *ploughing*, Olvera & Barrow<sup>(7)</sup>. A medida em que o avanço aumenta, a pressão da aresta cortante sobre o material atinge o valor acima da tensão de ruptura, e a aresta da ferramenta penetra no material, iniciando a formação do cavaco.

A medida em que a fresa aproxima-se do final do corte, ou seja, da borda de saída, para pequenos avanços, o efeito *ploughing* irá promover deformações maiores, ao invés do corte. Para  $\theta = 180^\circ$ , devido a sua localização central, os efeitos dessa deformação será ainda maior, formando rebarbas com dimensões maiores. Quando o avanço for maior, irá prevalecer o corte, reduzindo o efeito *ploughing*, que irá gerar deformações menores tornando a rebarba menor em avanços maiores, Olvera & Barrow<sup>(6)</sup>.

Não foram notadas alterações significativas nas dimensões das rebarbas com a variação da velocidade de corte, conforme mostra o gráfico da figura 11.

Durante o fresamento do aço de médio carbono AISI 1040 Olvera & Barrow<sup>(6)</sup>. observaram o decréscimo da rebarba em 50% de sua da altura, enquanto sua velocidade de corte foi dobrada.

É sabido que o aumento da velocidade de corte proporciona a redução do comprimento de contato cavaco ferramenta na interface. Um correspondente aumento no ângulo de cisalhamento acontecerá, portanto o grau de recalque será menor, Machado & da Silva<sup>(9)</sup>. Estes fatores implicam na redução da deformação na zona de cisalhamento primária e em consequência a redução das rebarbas.

No presente trabalho, apesar de insignificante, observou-se pequenas oscilações das dimensões das rebarbas, não sendo nítidas a sua redução com o aumento da velocidade de corte, como sugere indicações literárias. É conveniente lembrar que os artigos citados na literatura envolvem experimentos com materiais dúcteis e utilizam conjunto fresa/ferramenta mais simples que os utilizados aqui.

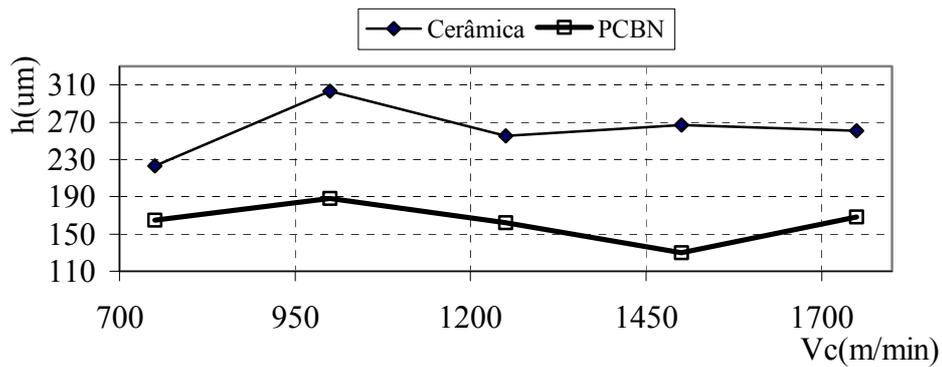


Figura 11 . Altura da rebarba em função da velocidade de corte, considerando  $f_z = 0,04\text{mm/z}$ ,  $a_p = 0,5\text{mm}$ ,  $\theta = 180^\circ$  e  $VB_{B\max} = 0,60\text{mm}$ .

Os gráficos da figura 12 retratam a altura da rebarba em função da profundidade de corte para os ângulos de saídas da ferramenta de corte da peça ( $\theta$ ) de:  $180^\circ$ ,  $160^\circ$ ,  $140^\circ$ ,  $120^\circ$  e  $100^\circ$ . Eles assemelham àquelas propostos por Olvera & Barrow<sup>(7)</sup> e Kishimoto *et al.*<sup>(6)</sup>, onde aparece a transição da rebarba primária para secundária.

Nos gráficos da figura 12 observa-se que para  $\theta$  de  $180^\circ$ ,  $140^\circ$  e  $100^\circ$  a transição de rebarba primária para secundária deve estar acima da profundidade de  $0,65\text{ mm}$ . Para  $\theta = 160^\circ$  sugere-se a formação da rebarba secundária a partir de  $a_p = 0,5\text{ mm}$ , enquanto que a transição deve estar entre  $0,35\text{ mm} < a_{p\text{trans}} < 0,50\text{ mm}$ . O gráfico que representa a altura da rebarba para  $\theta = 120^\circ$  não define com clareza o intervalo de transição. É provável que a rebarba secundária apareça após a profundidade de  $0,65\text{mm}$ .

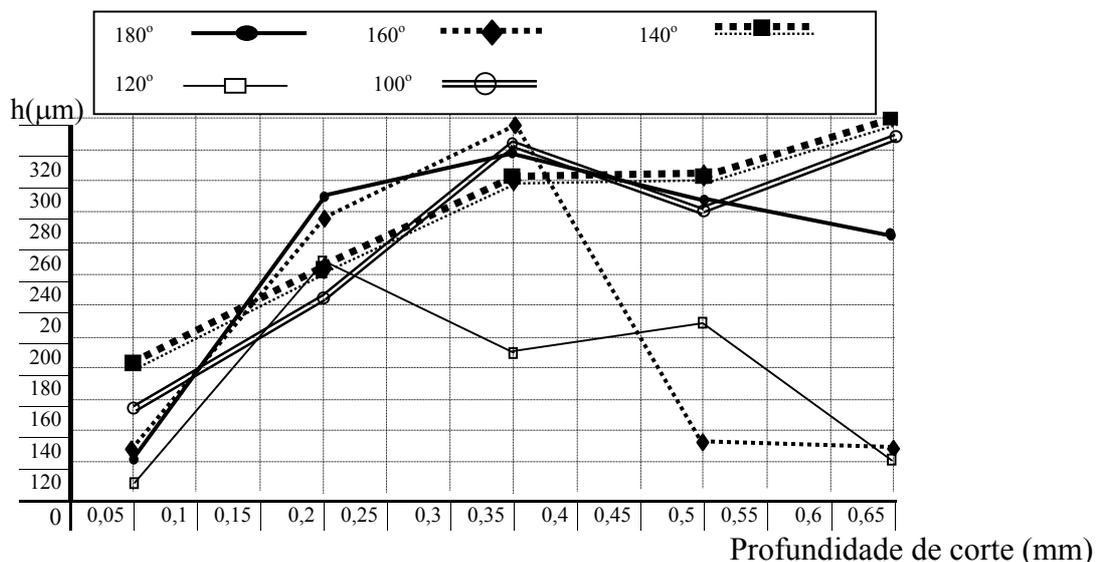


Figura 12 . Altura da rebarba em função da profundidade de corte, para cerâmica, em diferentes posições ( $\theta$ );  $f_z = 0,04\text{mm/z}$ ,  $VB_{B\max} = 0,60\text{mm}$  e  $V_c = 1000\text{m/min}$ .

Para rebarbas formadas com insertos de PCBN, apesar da altura ser menor, não foi observada diferença significativa em relação àquelas de cerâmicas, conforme evidencia o gráfico da figura 13.

Neste gráfico, nota-se que a rebarba secundária não parece ter sido formada intervalo de variação da profundidade. Observa-se entretanto, que as profundidades de transição podem ter sido atingidas a partir de  $a_p = 0,35\text{ mm}$  para  $\theta$  de  $120^\circ$  e  $140^\circ$ , enquanto que para  $\theta$  de  $100^\circ$  e  $160^\circ$  a profundidade é de  $0,5\text{ mm}$ . O provável surgimento da rebarba secundária só será possível para ensaios com profundidades de corte acima de  $0,65\text{ mm}$ , nível de profundidade que não foi utilizado neste trabalho.

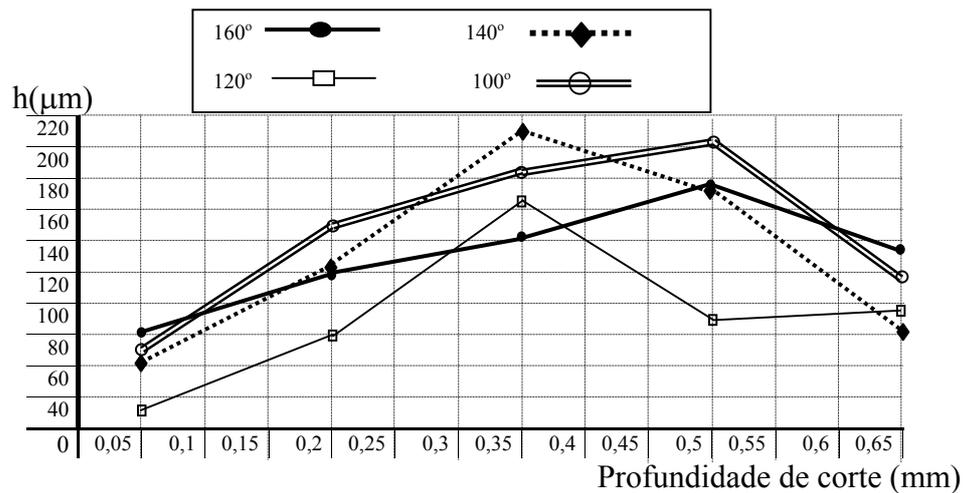


Figura 13 . Altura da rebarba em função do da profundidade de corte, para PCBN, em diferentes posições ( $\theta$ );  $f_z = 0,04\text{mm/z}$ ,  $VB_{B\text{max}} = 0,60\text{mm}$  e  $V_c = 1000\text{m/min}$ .

#### 4. CONCLUSÕES

- ✓ No geral as rebarbas geradas pelos insertos de cerâmicas são maiores que as formadas pelo PCBN.
- ✓ As variáveis de maior influência na altura da rebarba foram o desgaste de flanco e o ângulo de saída da ferramenta de corte da peça.
- ✓ O aumento do avanço proporcionou a redução da altura da rebarba.
- ✓ A baixa profundidade de corte utilizada, pouco influenciou na formação da rebarba secundária.
- ✓ A velocidade de corte pouco influenciou na altura da rebarba.
- ✓ Para o ângulo de saída da ferramenta de corte da peça de  $180^\circ$  a altura da rebarba é maior.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À FIAT GM Powertrain, pelo fornecimento dos blocos e ferramentas; ao IMF – Instituto Fabrica do Milênio pelo apoio às pesquisas do LEPU e a CAPES, FAPEMIG e CNPq pelo incentivo financeiro.

#### 6. REFERENCIAS.

1. Ko, S. L. and Dornefeld. D.A.,1991, “**A Study on Burr Formation Mechanism**”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 113, 75-87pp.
2. American Society of Tool and Manufacturing Engineers. “**Tool Wear in the Cutting of Thin-Gauge Steel Sheets**”, Research Report No 22. 1959, pp 820-828.
3. Gillespie, L. K. and Blotter, P. T., 1976, “ **The Formation and Properties of Machining Burrs**”, 6.
4. Nakayama, K. and Arai, M., 1987,”**Burr Formation in Metal Cutting**”, Ann.,CIRP, pp.33-36. Transactions of the ASME, Journal of Engineering for Industry, pp.66-74.
5. Gillespie, L. K. 1976, “**Burr Produced by End-Milling**”. BDX-613-1503, Bendix Co Kansas City.
6. Kishimoto, W., Miyake, T., Yamamoto, A., Yamanaka, K., and Tacano, K., 1981 “**Study of Burr Formation in Face Milling**”. Bull. Japan Soc. of Prec. Eng. Vol 15 No 1, pp. 51-52.
7. Olvera, O. and Barrow, G., 1996, ”**An Experimental Study of Burr Formation in Square Shoulder Face Milling**”, Int. J. Mach Tools and Manufact., pp. 1005-1020.

8. Souza Jr, A. M., 2001, “ **Estudo da utilização de PCBN e cerâmica mista no fresamento de blocos de motores de ferro fundido cinzento**”, dissertação de mestrado, Programa de pós-graduação em Eng<sup>a</sup>. Automotiva. PUC-MG. Belo Horizonte MG. 143 pgs.
9. Machado, A. R., e DA Silva, 2003, “**Usinagem dos Metais**”, Editora UFU, 6<sup>o</sup> edição Universidade Federal de Uberlândia, MG, Brasil, 224pgs.

## **STUDY OF BURR FORMATION IN FACE MILLING OF GRAY CAST IRON MOTOR ENGINE BLOCK WHEN VARYING THE CUTTING PARAMETERS**

**Luiz Carlos da Silva**

Federal Center of Technological Education of Goiás, Goiânia, Go, Brazil. E-mail: [lcds@cefetgo.br](mailto:lcds@cefetgo.br).

**Anderson Clayton A. Melo**

Federal University of Bahia. Salvador, BA, Brazil. E-mail: [acamel@ufba.br](mailto:acamel@ufba.br)

**Álison Rocha Machado**

Federal University of Uberlândia. Uberlândia, MG, Brazil. E-mail: [alissonm@mecanica.ufu.br](mailto:alissonm@mecanica.ufu.br)

**Walter Seppe**

Fiat-GM Powertrain. Betim – MG, Brazil. E-mail: [walterseppe@brf.fiat-gm-pwt.com](mailto:walterseppe@brf.fiat-gm-pwt.com)

***Abstract.** This work studies the burrs formed in face milling of motor engine blocks of gray cast iron. Inserts of Ceramic and PCBN in a 160mm diameter milling cutter with capacity for twenty-two inserts, eighteen of them for roughing and four for finishing were used. During trials the cutting speed, feed per tooth, depth of cut and tool wear were varied. The burr was measured in nine different positions at the face of the workpiece varying thus the tool exit angle. It was verified that the burr height was smaller in tests with PCBN tools. The wear and the tool exit angle had significant influences on the burr size. The smaller the tool wear and the exit angle the smaller was the burr height. The burr sizes were reduced with the feed rate and in some case with the depth of cut, but the cutting speed practically had no influence on the burr height.*

***Keywords.** Burr, Milling, Motor engine blocks, Cast iron.*