

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE FERRAMENTAS DE METAL-DURO NO FRESAMENTO DE DESBASTE DO AÇO VP ATLAS

Felipe Schell Russi
Igor dos Santos Roik
Rodrigo Blödorn

Centro Universitário de Brusque – UNIFEBE, Rua Dorval Luz, 123 – Santa Terezinha – CEP: 88352-400 – Brusque/SC – Cx. Postal: 1501
felipe.russi@unifebe.edu.br; igorroik3@unifebe.edu.br; rodrigoblodorn@unifebe.edu.br

Resumo. As exigências por produtos com o melhor custo/benefício pressionam as indústrias a buscarem alternativas competitivas, com isso o uso de materiais poliméricos para a fabricação de produtos tem aumentado em larga escala. O processo tradicional para a fabricação destes moldes é por injeção, no entanto, o processo de injeção requer moldes com geometrias complexas, fabricados em metais de alta dureza e de difícil usinabilidade. Neste contexto, este estudo aborda o fresamento de desbaste do material VP Atlas, com dureza de 40 HRC, utilizando-se dois tipos de insertos com geometria R (R300-1032E-PM 1010 e R300-1032E-PL 1010) com variação na velocidade de corte e no tipo de refrigeração. Foi avaliado o desgaste de flanco máximo VB_B dos insertos e o volume de material usinado. Após a realização dos experimentos verificou-se que o inserto R300-1032E-PM 1010 com $v_c = 100$ m/min e o uso de fluido lubrificante obteve o melhor desempenho, sendo capaz de usinar $708,75 \text{ cm}^3$ com um desgaste $VB_{B\text{máx}} = 254,06 \mu\text{m}$. Em contrapartida, o inserto R300-1032E-PL 1010, nas mesmas condições, foi capaz de usinar $607,50 \text{ cm}^3$ com um desgaste $VB_{B\text{máx}} = 263,15 \mu\text{m}$. Com este estudo observou-se que o aumento da velocidade de corte é diretamente proporcional ao desgaste $VB_{B\text{máx}}$.

Palavras chave: Fresamento. Desbaste. VP Atlas. Usinabilidade. Desgaste.

1. INTRODUÇÃO

A constante busca dos consumidores por produtos harmoniosos, funcionais e acessíveis pressiona as indústrias a buscarem incessantemente formas de reduzir o custo de seus processos, atendendo ainda assim as necessidades dos clientes, e serem competitivos no mercado. De acordo com Doi (2015), a atual competitividade mundial faz com que as empresas busquem soluções que resultem numa produção mais eficiente e ao mesmo tempo mais econômica.

Muitas empresas usam como recurso materiais poliméricos submetidos ao processo de injeção, cujo material em determinados componentes pode substituir o uso dos metais. Alavancados por suas vantagens, como baixo peso e preço, e a facilidade de transformação, se comparados a outros materiais, como os metais (Fallböhmer e Scurlock, 1996).

Além das aplicações específicas, componentes fabricados em materiais poliméricos, como o polipropileno, são utilizados para a fabricação de diversos produtos, como *smartphones*, embalagens e brinquedos. Em adição a isto, a aplicação dos polímeros cresce de forma acentuada, visto que em dez anos a produção mundial de plásticos passou de 245 milhões de toneladas, em 2006, para 348 milhões de toneladas em 2017 (PlasticsEurope, 2018 e ZurichTermoplásticos, 2017). No processo de injeção de plásticos são comumente utilizados moldes fabricados em aço de elevada dureza e com geometrias complexas.

Seguindo esta linha de raciocínio, na fabricação de componentes por injeção de plásticos a complexidade geométrica dos componentes é transferida para os moldes, os quais possuem desafios inerentes à fabricação por usinagem. Logo, a fabricação de uma superfície côncava, por exemplo, gera obstáculos na usinagem, como a variação do volume de material a ser usinado, áreas de difícil acesso, elevado comprimento em balanço da ferramenta e a constante variação do ponto de contato entre a ferramenta de corte e a peça, derivado das variações de curvatura da peça (Chu, Kim e Kim 1997).

Embora as pesquisas visando otimizar o processo de fabricação de moldes para injeção de plástico sejam realizadas desde muito tempo, ainda existe muito espaço para melhorias e necessidade de otimizações.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de duas classes de ferramentas de metal-duro no fresamento de desbaste do material VP Atlas, empregado em larga escala na fabricação de moldes e matrizes devido a sua elevada resistência mecânica, no entanto, considera-se este material como sendo de difícil usinabilidade. As variáveis dos experimentos são a velocidade de corte e o uso de refrigeração. A avaliação da eficiência da ferramenta se dará pelo volume de material usinado do corpo de prova até o seu limite de fim de vida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Moldes para injeção plástica são compostos por uma cavidade superior (fêmea) e uma inferior (macho). A cavidade fêmea é a parte negativa do molde, a qual confere ao produto moldado sua forma externa. A cavidade macho é a parte positiva do molde, com a função de formar a parte interna do produto. Os moldes podem ser fabricados por diferentes tipos de aços, como AISI P20, 420, H12 e DIN 1.2714, com dureza entre 45 e 70 HRC. Os moldes podem ter uma ou mais cavidades e representam aproximadamente 30% do custo total de um componente de plástico injetado. A avaliação de uma condição e estratégia ideal de usinagem pode proporcionar uma fabricação de menor custo e com isso, impactar diretamente no custo do produto acabado (Boujelbene *et al.*, 2004 e Souza e Ulbrich, 2009).

Ribeiro e Abrão (2007) avaliaram a influência de parâmetros de corte no desgaste da aresta de corte (VB_1) de ferramentas de metal-duro revestido e ferramentas de cermet durante o fresamento a seco do aço VHSUPER (Villares Metals S/A), com propriedades similares ao aço ABNT H13 e ao aço DIN 1.2367. Foram realizados testes de fresamento frontal discordante, com avaliação da influência do material da ferramenta, velocidade de corte (v_c) e avanço por aresta (f_z). Foram levantadas as curvas de vida para avaliação dos parâmetros para estudo da otimização do desempenho e consequente redução dos tempos de fresamento. Os resultados indicaram que, dentro da faixa de parâmetros utilizada, a vida das ferramentas diminuiu com a elevação da velocidade de corte, porém aumentou com o avanço. Com relação ao material da ferramenta, os melhores resultados foram obtidos com a ferramenta de metal-duro com revestimento multicamada MT-CVD contendo TiN + TiCN + Al₂O₃.

Machado *et al.* (2019) avaliaram a influência da velocidade de corte (v_c) e do avanço por aresta (f_z) no desgaste de fresas toroidais na usinagem do aço VP Atlas utilizado em moldes e matrizes. O principal objetivo foi identificar os parâmetros que otimizam a produtividade, considerando tempo de usinagem, volume de material usinado e desgaste da ferramenta. Foram realizadas usinagens predominantemente de topo, variando a velocidade de corte (v_c) e mantendo constantes a profundidade de corte axial (a_p), radial (a_e) e avanço por aresta (f_z). Os parâmetros utilizados para v_c foram 145, 175, 205 e 235 m/min, $f_z = 0,13$ mm/rev, $a_p = 0,15$ mm e $a_e = 0,3$ mm. Os autores observaram que ao elevar-se a v_c em 34% da recomendada (de 175 para 235 m/min), obteve-se um aumento de 23% no comprimento usinado, com aumento de 20% no desgaste de flanco (de 0,110 para 0,135 mm), considerando o total de 10 horas de usinagem. Dentro destes limites, os autores afirmam que a v_c de 235 m/min continua sendo a melhor opção de usinagem.

Ferramentas de metal-duro revestidas tornam-se mais eficientes e resistentes ao desgaste. Boing (2016) afirma em seu trabalho que ao longo dos anos a aplicação de revestimento em ferramentas de metal-duro tem provado ser um meio eficaz para superar as condições adversas encontradas na usinagem, a qual promove melhor resistência ao desgaste da ferramenta e, consequentemente, benefícios em relação aos custos do processo.

Manera *et al.* (2008) afirmam em seu estudo que o revestimento em ferramentas de usinagem serve para diminuir o atrito e dissipar rapidamente o calor da zona de corte. Dentre os tipos de revestimentos destaca-se para o fresamento de desbaste de materiais com elevada dureza o TiAlN, pois possui maior resistência à oxidação e permite o uso em temperaturas elevadas, cujo revestimento combinado com o processo PDV garante uma elevada tenacidade à ferramenta.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios de usinagem foram realizados no Núcleo de Tecnologia e Inovação em Fabricação (NTIF) do Centro Universitário de Brusque (UNIFEBE) em um centro de usinagem vertical do fabricante ROMI, modelo D600, conforme Fig. 1a. Dispõe de rotação máxima de 10 000 rpm, potência nominal no eixo árvore de 15 kW, avanço de corte programável de até 20 000 mm/min, comandado numericamente pelo comando Siemens Sinumerik 828D.

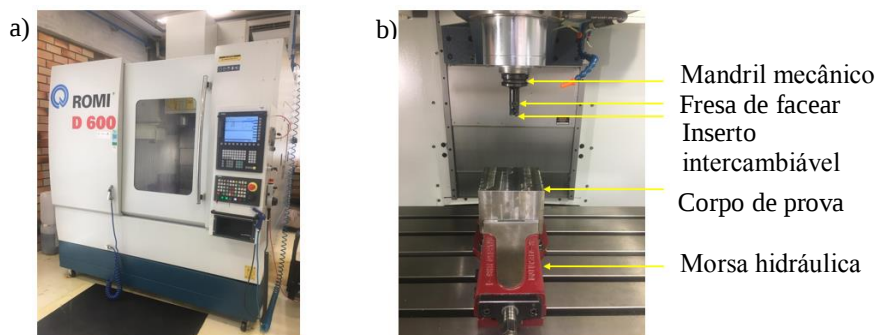


Figura 1. Equipamentos utilizados: a) Centro de usinagem ROMI® D600 e b) Conjunto montado

Para a fixação das ferramentas foi utilizado um mandril mecânico MAS-BT 403 do fabricante Sandvik Coromant em conjunto com uma fresa de facear R300-25EH25-10M e insertos intercambiáveis, conforme apresentado na Fig. 1b. Para a realização dos experimentos foram utilizados dois tipos de insertos com geometria do tipo R (geometria redonda), de metal-duro, fabricados pela empresa Sandvik Coromant, códigos do fabricante R300-1032E-PM 1010 e R300-1032E-PL 1010, com cobertura por PVD de (Ti, AL)N₂, cuja diferença entre eles está na microgeometria e no tipo do quebra-cavaco, representados na Fig. 2.

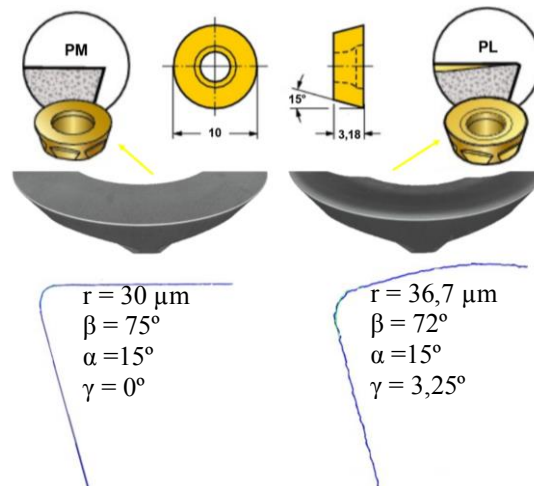


Figura 2. Representação do quebra-cavaco e microgeometria das ferramentas

Previamente à operação de usinagem, as ferramentas foram caracterizadas utilizando-se um microscópio de variação de foco Alicona®, modelo Infinite Focus G5 mostrado na Fig. 3a. A caracterização prévia da ferramenta serviu avaliar a microgeometria da ferramenta, bem como servir de referência para a medição do desgaste.

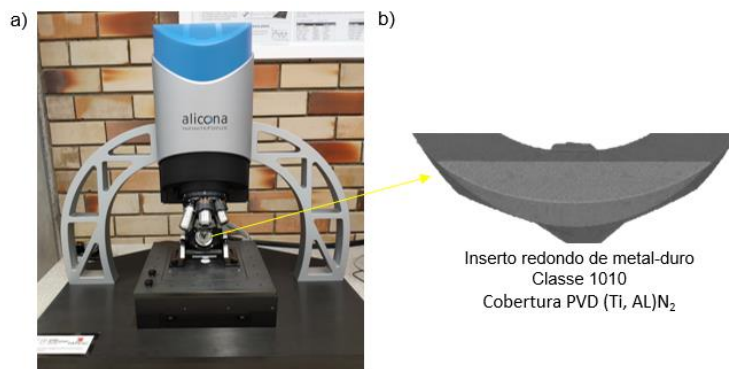


Figura 3. a) Microscópio de variação de foco Alicona® G5; b) Inserto caracterizado

Os parâmetros de usinagem foram adotados conforme orientação do fabricante e são apresentados na Tab. 1. A velocidade de corte e a refrigeração foram as variáveis dos ensaios, já os valores de avanço por dente (f_z), profundidade axial de corte (a_p) e profundidade radial de corte (a_e) mantiveram-se constantes. O fluido lubrificante utilizado foi o Vasco 6 000 do fabricante Blaser Swisslube, com concentração recomendada pelo fabricante de 2,5%.

Tabela 1. Parâmetros de usinagem

Parâmetro	Valor
Velocidade de corte (v_c)	100 e 150 m/min
Profundidade axial de corte (a_p)	0,50 mm
Avanço por dente (f_z)	0,16 mm
Profundidade radial de corte (a_e)	40% do diâmetro da ferramenta (10 mm)
Tipos de refrigeração	Fluido lubrificante e a seco

Devido à geometria do inserto, outra característica avaliada foi o diâmetro bruto (DCX) e diâmetro efetivo (DC) da fresa, conforme pode ser observado na Fig.4. Afim de estabelecer um parâmetro de análise para o diâmetro bruto (DCX) adotou-se a velocidade de corte como v_c , e para o diâmetro efetivo (DC) adotou-se a velocidade de corte como v_{cef} .

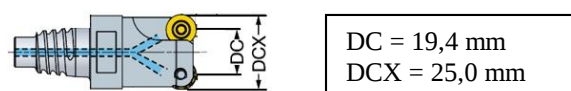


Figura 5. Diâmetro da fresa

Sendo assim, para cada tipo de ferramenta foram realizados oito ensaios, a Tab. 2, apresenta os parâmetros para cada ensaio realizado.

Tabela 2. Parâmetros de usinagem

Ensaio	v_c (m/min)	rpm	v_f (mm/min)	Refrigeração
1	100	1273	611,2	A seco
2	100	1273	787,6	Fluido lubrificadorrefrigerante
3	100	1641	611,2	A seco
4	100	1641	787,6	Fluido lubrificadorrefrigerante
5	150	1910	916,7	A seco
6	150	1910	1181,4	Fluido lubrificadorrefrigerante
7	150	2461	916,7	A seco
8	150	2461	1181,4	Fluido lubrificadorrefrigerante

Os corpos de prova foram fabricados a partir do aço VP Atlas, fornecido pela empresa Villares Metals. Este aço é indicado para a fabricação de moldes e matrizes para a injeção de plásticos não clorados, em especial para aplicações que necessitem de maior resistência mecânica e resistência ao desgaste, se comparados com os aços AISI P20 ou DIN 1.2738. É um aço-ferramenta ligado ao Cr, Mo, Mn, com micro adições de componentes, sendo fornecido no estado beneficiado com a dureza de (40 ± 2) HRC (Villares Metals, 2019). A composição química do material utilizado pode ser observada na Tab. 3.

Tabela 3. Composição química do aço VP Atlas utilizado nos experimentos

	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
%	0,26	0,32	1,64	1,93	0,68	0,71

Os corpos de prova possuem dimensões de $(150 \times 150 \times 100)$ mm³. Foi utilizada a estratégia de usinagem em zigue-zague para os ensaios.

A estratégia realiza um movimento em zigue-zague paralelamente ao eixo X e incrementando (a_e) gradativamente pelo eixo Y. Os ensaios consistem em realizar nove passes de usinagem em toda a superfície do corpo de prova. Após o final de cada ciclo as ferramentas foram retiradas para a caracterização e medição do desgaste.

A avaliação do desgaste e das avarias das ferramentas consistiu na avaliação quantitativa, utilizando-se o microscópio de variação de foco Alicona®. O desgaste das ferramentas foi avaliado com base no parâmetro $VB_{Bmáx}$ (desgaste de flanco máximo). O critério para o fim de vida utilizado foi o $VB_{Bmáx}$ de 0,3 mm. A Fig. 5a ilustra a região da ferramenta utilizada para a medição, bem como a Fig. 5b ilustra a região da medição da ferramenta após a usinagem. Com a ferramenta digitalizada é possível avaliar o VB_B por meio de um *software* específico do microscópio.

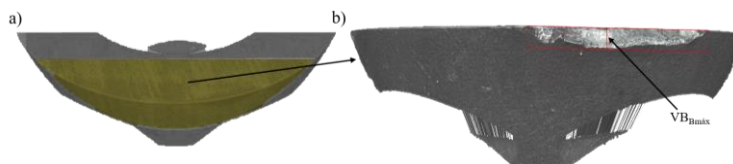


Figura 5. a) Região para medição; e b) Região da medição após a usinagem

O volume de material usinado foi avaliado de acordo com a quantidade de passes realizados pela ferramenta até atingir o $VB_{Bmáx}$, cujo limite adotado foi o $VB_{Bmáx} = 300$ μ m, o ensaio foi interrompido no momento que o primeiro inserto alcançou e/ou ultrapassou o limite $VB_{Bmáx}$, mesmo que os demais insertos estivessem abaixo deste limite. O volume de material usinado do corpo de prova é de aproximadamente 101,25 cm³ por passe.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos nos experimentos, bem como realizadas discussões a respeito das influências de cada variável de entrada sobre estes. Para a elaboração dos gráficos considerou-se o $VB_{Bmáx}$ de cada ferramenta para calcular a média de cada passe juntamente da respectiva incerteza-padrão.

A Fig. 6 apresenta os resultados obtidos nos ensaios com $v_c = 100$ m/min, com e sem a utilização de fluido lubrificadorrefrigerante. A Fig. 7 apresenta os resultados obtidos nos ensaios com $v_{cef} = 100$ m/min, utilizando-se fluido lubrificadorrefrigerante e a seco.

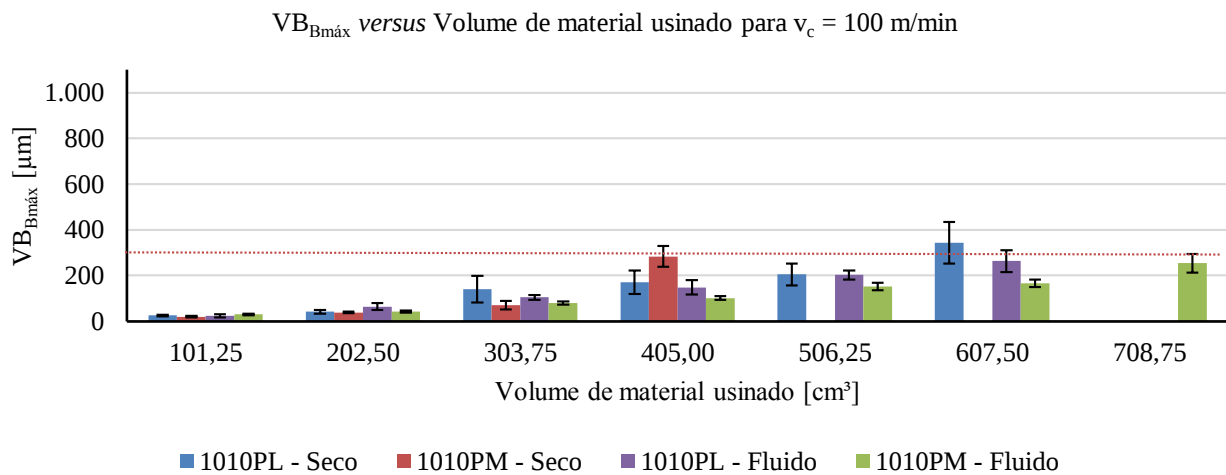


Figura 6. $VB_{Bmáx}$ versus Volume de material usinado com $v_c = 100$ m/min

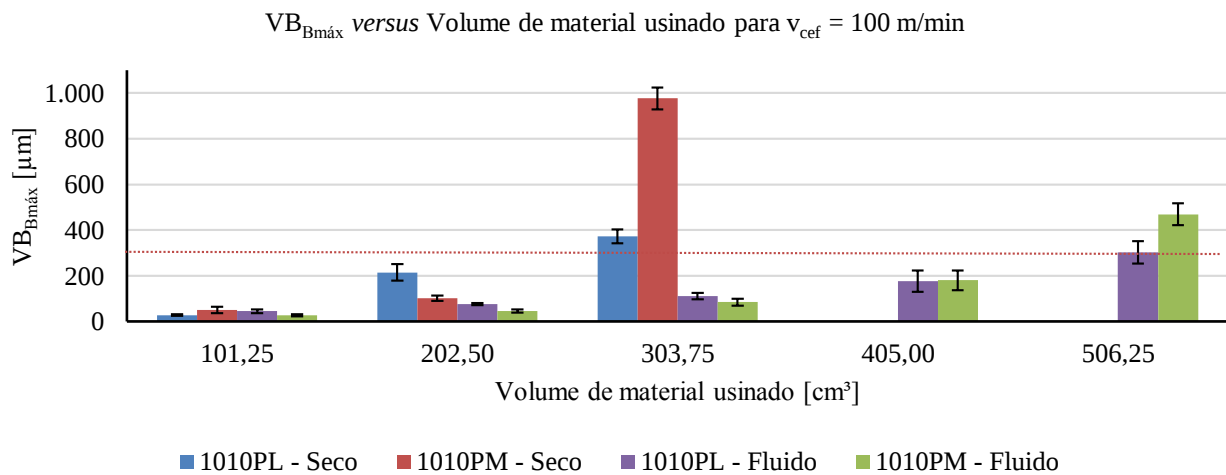


Figura 7. $VB_{Bmáx}$ versus Volume de material usinado com $v_{cef} = 100$ m/min

A Fig. 8 apresenta os resultados obtidos nos ensaios com $v_c = 150$ m/min, utilizando-se fluido lubrificador e a seco.

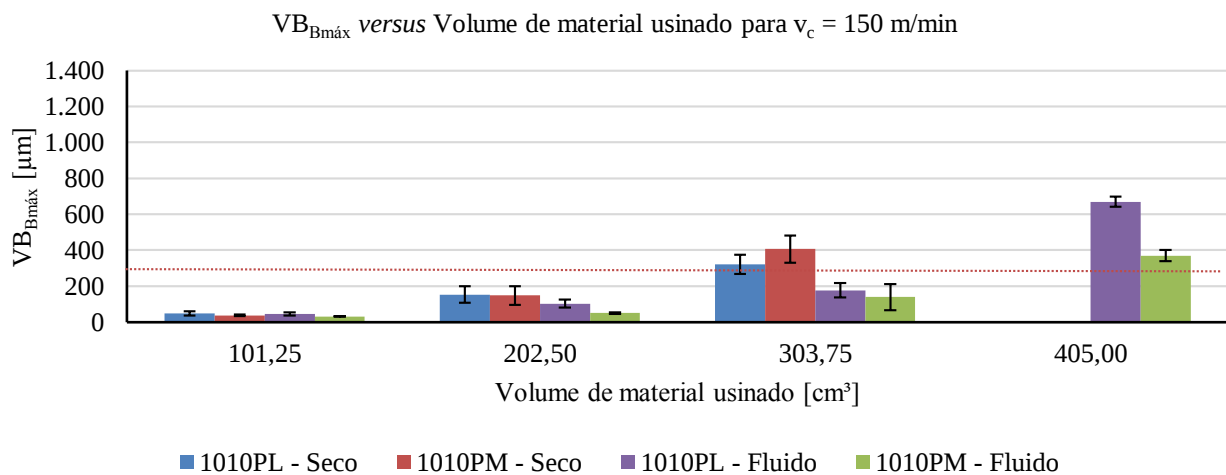


Figura 8. $VB_{Bmáx}$ versus Volume de material usinado com $v_c = 150$ m/min

A Fig. 9 apresenta os resultados obtidos nos ensaios com $v_{cef} = 150$ m/min, utilizando-se fluido lubrificador e a seco.

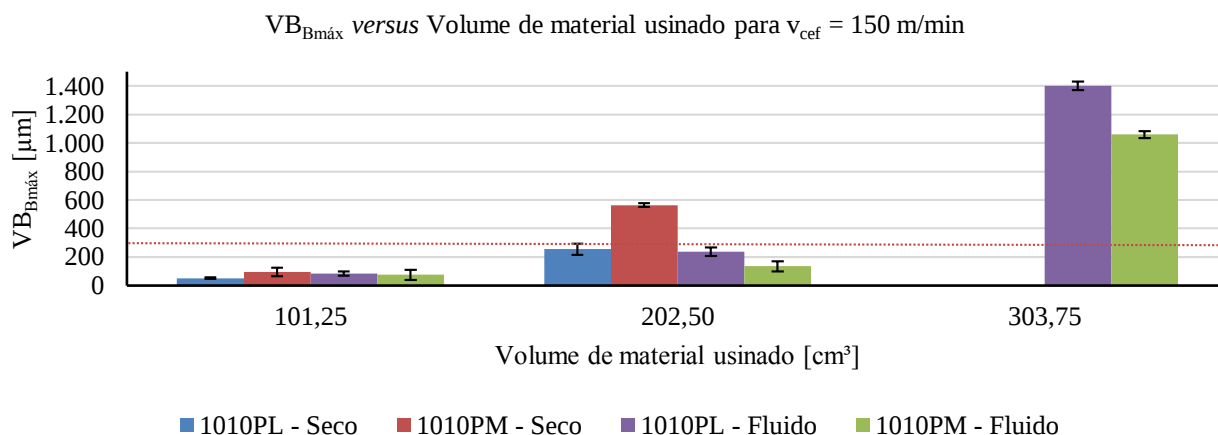


Figura 9. $VB_{Bmáx}$ versus Volume de material usinado com $v_{cef} = 150$ m/min

Para os experimentos realizados com o inserto R300-1032E-PL 1010, observou-se que a melhor condição foi utilizando-se $v_c = 100$ m/min, onde obteve-se o maior volume de material usinado, atingindo-se $607,50 \text{ cm}^3$, uma diferença de aproximadamente 67% em relação ao pior resultado. Notou-se também que, para ambos os tipos de refrigeração, os resultados para a $v_c = 100$ m/min foram iguais, no entanto, o $VB_{Bmáx}$ apresentou um aumento de 23,5% para a condição de refrigeração a seco. Pode-se afirmar que a melhor condição para este experimento foi com $v_c = 100$ m/min e utilizando-se fluido lubrificante-refrigerante.

Os experimentos realizados com o inserto R300-1032E-PM 1010 apresentaram características bastante semelhantes aos experimentos realizados com o inserto R300-1032E-PL 1010. Observou-se que a melhor condição foi utilizando-se $v_c = 100$ m/min, onde obteve-se o maior volume de material usinado, atingindo $708,25 \text{ cm}^3$, uma diferença de aproximadamente 71% comparando-se ao pior resultado. Da mesma forma, pode-se afirmar que a melhor condição para este experimento foi com $v_c = 100$ m/min e utilizando-se fluido lubrificante-refrigerante.

Observando-se os gráficos nota-se que o inserto R300-1032E-PM 1010 obteve o melhor resultado em relação ao volume de material usinado, bem como o desgaste $VB_{Bmáx}$, cerca de 14% e 12% melhor, respectivamente, se comparado ao melhor resultado obtido como o inserto R300-1032E-PL 1010. A Fig. 10 ilustra a curva de desgaste $VB_{Bmáx}$ em relação ao volume de material usinado, onde pode-se notar que o desgaste da ferramenta aumenta conforme o volume de material removido cresce.

Avaliando-se o quebra-cavaco e a microgeometria das ferramentas utilizadas nos experimentos, notou-se que o inserto R300-1032E-PM 1010 não possui quebra-cavaco, ou seja, um ângulo de saída nulo (0°), e também não possui arredondamento de aresta. Estas condições são favoráveis para a redução da força de usinagem e redução da temperatura, preservando a ferramenta e melhorando o acabamento superficial da peça (Klocke, 2011). Em contrapartida, notou-se que o inserto R300-1032E-PL 1010 possui quebra-cavaco, com ângulo de saída positivo e arredondamento da aresta, embora o ângulo de saída positivo favoreça a redução da força de corte, o arredondamento da aresta atua inversamente, aumentando a força de corte e a temperatura e, por consequência, favorece a aceleração no mecanismo de desgaste da ferramenta.

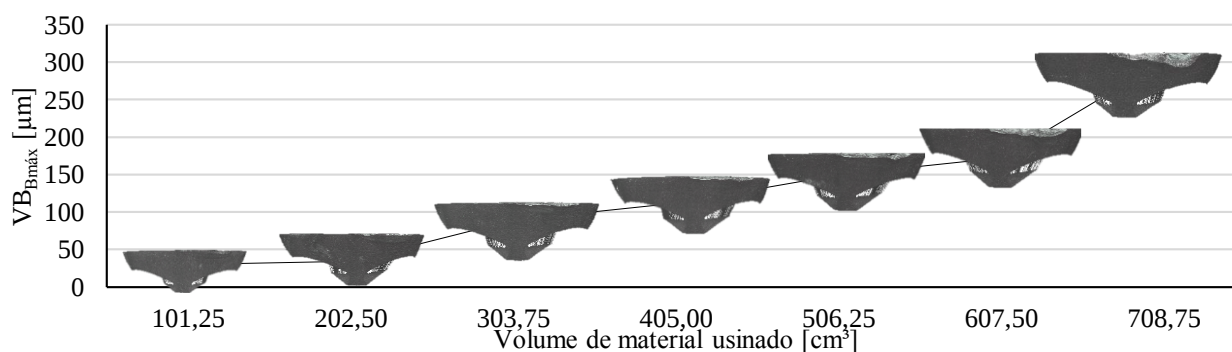


Figura 10. $VB_{Bmáx}$ versus Volume de material usinado do ensaio 2.2

Observou-se ainda que em alguns experimentos o valor do $VB_{Bmáx}$ ultrapassou o limite consideravelmente, como por exemplo na usinagem a seco com a ferramenta R300-1032E-PM 1010 a $v_c = 100$ m/min (conforme mostrado na Fig. 6). Identificou-se que o motivo do desgaste ultrapassar o limite está relacionado à falha por lascamento do gume, a Fig. 11 apresenta o inserto lascado.

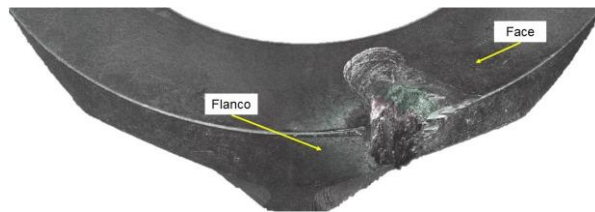


Figura 11. Inserto com lascamento no gume de corte

Notou-se que, em ambos os experimentos, com o aumento da velocidade de corte o desgaste $VB_{Bmáx}$ também aumentou. Sendo assim, pode-se afirmar que a vida das ferramentas diminuiu com o aumento da velocidade de corte, comportamento semelhante ao obtido por Ribeiro e Abrão (2007).

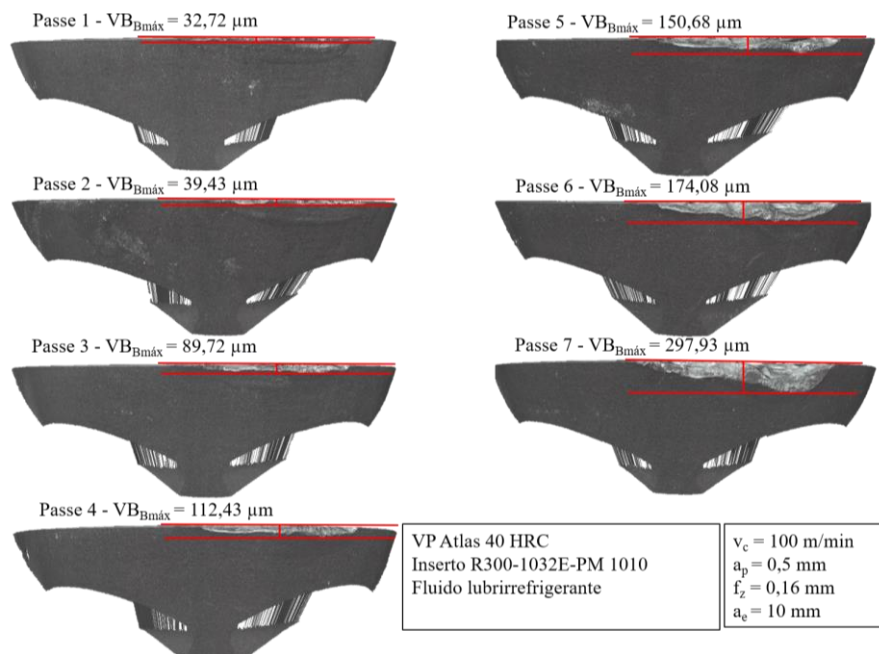


Figura 12. Desgaste das ferramentas após o fresamento do aço VP Atlas com 40 HRC

Observou-se que o desgaste de flanco se manteve com uma taxa de variação pequena até o quarto passe ($VB_{Bmáx} = 112,43 \mu m$). A partir do quinto passe nota-se um aumento de 25%, oriundo do aumento acelerado do desgaste, devido à remoção do revestimento do inserto. Dessa forma, ocorre um aumento na temperatura e no atrito, potencializando os mecanismos de desgaste, conforme afirmação de Manera *et al.* (2008).

5. CONCLUSÕES

Com base nos experimentos realizados afim de avaliar o desempenho de duas classes de ferramentas de metal-duro no fresamento de desbaste do material VP Atlas, mensurando como melhor resultado o maior volume de material usinado com o menor desgaste $VB_{Bmáx}$, pode-se concluir:

- Os experimentos realizados com o inserto R300-1032E-PM 1010 obtiveram o melhor resultado;
- Entre os tipos de refrigeração, para todos os experimentos, o uso do lubrificante contribuiu para a redução do desgaste $VB_{Bmáx}$;
- O aumento da velocidade de corte acelerou o desgaste $VB_{Bmáx}$;

O melhor resultado foi obtido com o inserto R300-1032E-PM 1010, com o uso de lubrificante e com $v_c = 100$ m/min, nessas condições o volume de material usinado atingiu $708,25 \text{ cm}^3$ e o desgaste $VB_{Bmáx} = 254,06 \mu m$.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas parceiras desta pesquisa, Sandvik Coromant pelo suporte técnico e disponibilização de porta-ferramenta e insertos; à Villares Metals pelo fornecimento de corpos de prova e à Blaser SwissLube pelo apoio no fornecimento de fluido lubrificante.

7. REFERÊNCIAS

- BOING, D. Transição da aplicação do metal-duro revestido e do PCBN no torneamento de aços endurecidos em função da dureza e do teor de carbonetos. 287 f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- BOUJELBENE, M.; MOISAN, A.; TOUNSI, N.; BRENIER, B. Productivity enhancement in dies and molds manufacturing by the use of C1 continuous tool path. *International Journal of Machine Tool & Manufacture*, v.44, p.101-107, 2004.
- CHU, C.N.; KIM, S.Y.; KIM, B.H. Feed rate optimization of ball and mill considering local shape feature. *Annals of the CIRP*, Paris, v.46, n.1, p.433-436, 1997.
- DOI, L. D. Aumento de produtividade em uma célula produtiva com processo de usinagem utilizando conceitos Lean. 2015. 48 p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.
- FALLBÖHMER, P.; SCURLOCK, B. Milling Sculptured Surfaces. *Cutting Tool Engineering* 1996. Disponível em: <https://www.ctemag.com/news/articles/milling-sculptured-surfaces>. Acesso em: 15 Mar. 2020
- JUNIOR, A. B. Investigação do desgaste de ferramentas de PCBN e Metal-duro no fresamento de topo de aços endurecidos. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 1998, 118 p.
- KLOCKE, F. *Manufacturing Processes 1: Cutting*. Aachen: Springer, 2011. p. 162..
- MACHADO, L. B.; RASMUSSEN, M.; COSTA, J. L.; SOUZA, A. F. Otimização dos parâmetros de fresamento com ferramentas toroidais na usinagem de moldes e matrizes. 2019. 8 p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica Aeronáutica) – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Santa Catarina, 2019.
- MANERA, R. S.; RODRIGUES, A. R.; MATSUMOTO, H.; GALLEGOS, J. Influência da ferramenta e dos parâmetros de torneamento na produtividade de peças para a indústria automobilística. Trabalho de Graduação – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, São Paulo, 2008.
- PLASTICSEUROPE. *Plastics – the Facts* 2018. Brussels: European Association Of Plastics Recycling e Recovery Organization, 2018. 60 slides, color.
- RIBEIRO, J. L. S.; ABRÃO, A. M. Vida de ferramenta no fresamento de aços para matrizes. 2007. 10 p. Trabalho de Graduação – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- SANDVIK COROMANT. CoroMill® 300. Disponível em: https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/products/CoroMill_300/pages/default.aspx. Acesso em: 28 Jan. 2020
- SOUZA, A. F.; ULBRICH, C. B. L. *Engenharia Integrada por Computador e Sistemas. CAD/CAM/CNC – Princípios e Aplicações*. São Paulo. Ed. Artliber. 2009.
- VILLARES METALS. VP ATLAS. Disponível em: <http://www.villaresmetals.com.br/pt/Produtos/Acos-Ferramenta/Moldes-Plasticos/VP-ATLAS>. Acesso em: 15 mar. 2020.
- ZURICHTERMOPLÁSTICOS. *Plástico no automóvel: Desenvolvimento de resinas leva a novas reduções de peso*. 2017. Disponível em: <https://injecaoedepasticos.com.br/blog/plastico-no-automovel-desenvolvimento-de-resinas-leva-a-novas-reducoes-de-peso/>. Acesso em: 08 fev. 2020.

EVALUATION OF HARD METAL TOOLS PERFORMANCE IN THE ROUGHING MILLING OF VP ATLAS STEEL

Felipe Schell Russi
Igor dos Santos Roik
Rodrigo Blödmorn

Centro Universitário de Brusque – UNIFEBE, Rua Dorval Luz, 123 – Santa Terezinha – CEP: 88352-400 – Brusque/SC – Cx. Postal: 1501
felipe.russi@unifebe.edu.br; igorroik3@unifebe.edu.br; rodrigoblodorn@unifebe.edu.br

Abstract. The demands for products with the best cost / benefit pressure the industries to look for competitive alternatives, with that the use of polymeric materials for the manufacture of products has increased on a large scale. The traditional process for the manufacture of these molds is by injection, however, the injection process requires molds with complex geometries, manufactured in metals of high hardness and of difficult machinability. In this context, this study addresses the rough milling of the VP Atlas material, with a hardness of 40 HRC, using two types of inserts with R geometry (R300-1032E-PM 1010 and R300-1032E-PL 1010) with cutting speed variation and cooling type. The maximum VB_B flank wear of the inserts and the volume of machined material were evaluated. After carrying out the experiments, it was found that the insert R300-1032E-PM 1010 with $v_c = 100$ m/min and the use of refrigerant fluid obtained the best performance, being able to machine 708.75 cm^3 with a wear $VB_{B_{\max}} = 254,06 \mu\text{m}$. In contrast, the insert R300-1032E-PL 1010, under the same conditions, was able to machine 607.50 cm^3 with a wear $VB_{B_{\max}} = 263,15 \mu\text{m}$. With this study it was observed that the increase in the cutting speed is directly proportional to the $VB_{B_{\max}}$ wear.

Keywords: Milling. Rough machining. VP Atlas. Machinability. Wear.