

INFLUÊNCIA DAS ESTRATÉGIAS DE USINAGEM NO FRESAMENTO EM ACABAMENTO DE SUPERFÍCIES COMPLEXAS DO AÇO AISI P20

Helio Kfassniak, helio.kfassniak@edu.sc.senai.br

Valdir da Silva, valdir.silva1@edu.sc.senai.br

SENAI Blumenau - Rua São Paulo nº 1147, Itoupava Seca, CEP- 89030-001 - Blumenau/SC

Resumo: Na usinagem de superfícies complexas, as trajetórias calculadas por diferentes estratégias repercutem significativamente no tempo de usinagem e acabamento superficial. O conhecimento, a capacidade e eficácia de cada estratégia auxiliam no desenvolvimento da indústria reduzindo custos e aumentando a produtividade. Este estudo apresenta uma metodologia experimental para investigar as trajetórias calculadas por duas estratégias de usinagem diferentes, offset e passes paralelos, na fabricação de formas geométricas complexas encontradas frequentemente na indústria de moldes e matrizes.

Palavras-chave: Fresamento em acabamento, Geometrias complexas, Aço AISI P20.

1. INTRODUÇÃO

Os moldes empregados na injeção de polímeros são essenciais na indústria e comumente possuem geometrias complexas, o que impõe desafios para a cadeia de manufatura. Desta forma, o mercado global obriga os fabricantes a buscarem continuamente novas tecnologias e modernização para continuar competindo neste segmento. Segundo Agudelo (2011), o processamento de materiais termoplásticos usando o método de moldagem por injeção é uma das atividades econômicas de maior importância na indústria de produção de peças plásticas.

O alvo principal da usinagem de moldes e matrizes está centrado na qualidade superficial, na redução do tempo e do custo de fabricação. De acordo com Moura (2012), é necessário conseguir otimizar o processo por meio de utilização de ferramentas com geometrias diferenciadas, compostos, revestimentos, máquinas mais modernas ou parâmetros de corte, visando obter alta produtividade.

Um fator importante na usinagem de moldes e matrizes é a obtenção da baixa rugosidade no acabamento. Sendo assim, Nicola (2008) afirma que a pesquisa da usinagem de acabamento de aços está relacionada com o desenvolvimento das estratégias de usinagem aplicadas. A definição correta das estratégias e as trajetórias que a ferramenta irá percorrer durante a fabricação devem ser analisadas adequadamente, pois segundo Souza (2001), as estratégias de usinagem têm um papel vital para a realização de um processo eficaz e podem ser divididas em estratégias de corte em função do grau de curvatura da superfície para as operações de acabamento e estratégia de execução das operações de usinagem.

As operações de acabamento superficial em moldes e matrizes são extremamente rigorosas, pois de acordo com Souza (2004), este procedimento visa a retirada de todo material excedente das atividades anteriores de modo a obter a melhor qualidade superficial possível no fresamento.

1.1 Rugosidade

A rugosidade de acordo com Oliveira (2007), *apud* Diniz, Souza e Scandiffio (2014), é considerada um erro microgeométrico que se define como um conjunto de reentrâncias e saliências que caracterizam uma superfície. Toda usinagem tem uma característica própria no acabamento. As escolhas dos parâmetros adequados, as propriedades do material da peça, a geometria e o material da ferramenta podem influenciar diretamente na rugosidade da peça.

O acabamento superficial sofre influência dos parâmetros de usinagem, da geometria da ferramenta de corte e da peça, da rigidez da máquina ferramenta, do material da peça e da ferramenta e das condições de corte (SANTOS e SALES, 2007).

No fresamento, o acabamento superficial depende de muitos fatores que devem ser levados em consideração, como a variação da força de corte que ocasiona vibrações não aceitáveis, a rigidez da máquina ferramenta e folga no mecanismo de avanço que pode afetar no resultado da operação. A alteração progressiva da geometria de corte, devido ao desgaste ferramenta, as deformações plásticas e elásticas da superfície da peça decorrentes da força de corte e das propriedades do material da peça e da ferramenta (FRANCO, ESTREMS e FAURA, 2008; *apud* BODZIAK, 2011; SANTOS, *et al* 1999).

1.2 Estratégias de usinagem

Estratégias de usinagem também conhecida com estratégias de corte segundo Souza e Ulbrich (2009) é o formato geométrico e topológico que a ferramenta deve seguir para realizar a usinagem de uma superfície. Dentre as principais estratégias de usinagem para acabamento segundo Albano (2008), destacam-se três que são contidas nos sistemas CAM (*Computer Aided Manufacturing*): passes verticais paralelos (Figura 1A), passes horizontais paralelos (Figura 1B) e passes em *offset* (Figura 1C) seguindo um perfil representado pela Figura 1.

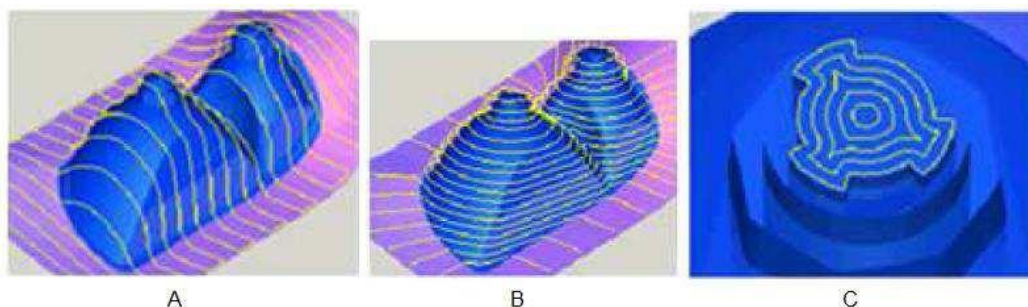


Figura 1 - Estratégias de fresamento em operações de acabamento. Fonte: Albano, (2008).

De acordo com Souza e Ulbrich (2009), nos passes paralelos horizontais, o *software* previamente cria as trajetórias paralelas em um plano horizontal paramétrico, superior a geometria a serem usinadas, estas trajetórias são espaçadas igualmente neste plano. Nas regiões onde a inclinação tende ao sentido vertical, os passes das ferramentas ficam distantes repercutindo em áreas que não serão usinadas no acabamento.

Nos passes paralelos verticalmente, a estratégia é equivalente à anterior, considerando agora o sentido vertical, portanto, as áreas verticais da geometria serão mais favorecidas que as horizontais. Muitas vezes, as combinações de ambas as estratégias são empregados (SOUZA E ULBRICH 2009).

Os passes em *offset* tridimensional, o algoritmo e as trajetórias da ferramenta são calculadas por *offset* do contorno da geometria a ser usinada, mantendo passes constantes mesmo em geometrias complexas (SOUZA E ULBRICH 2009).

1.3 Cálculo das trajetórias de ferramenta

O cálculo das trajetórias de ferramentas segundo Souza e Ulbrich (2009), deve ser considerado a principal função do *software* CAM, pois o resultado da operação está ligado diretamente com a qualidade da trajetória calculada, implicando na qualidade da superfície usinada, tempo para cálculos, erros dimensionais e usinagem.

Para calcular os pontos da trajetória, o sistema CAM inicialmente calcula o ponto de contato da ferramenta com a superfície, Cutter Contact (CC), sobre a geometria CAD (*Computer Aided Design*) 3D empregando um método de compensação, calcula-se a localização da ponta central da ferramenta a qual é denominada *Cutter Location* (CL). O *cutter contact* é o ponto que deve estar dentro da banda de tolerância e não a trajetória da ferramenta ou o *cutter location*, (ARIAS, 2009) conforme Figura 2.

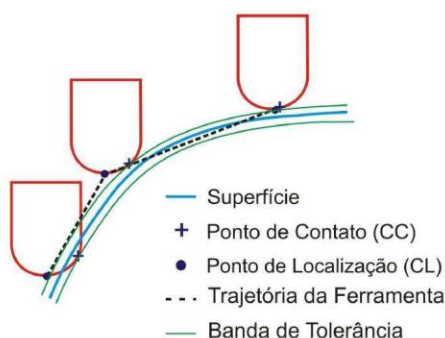


Figura 2 - Trajetória da ferramenta calculada por um sistema CAM. Fonte: Arias e Souza (2008).

Quanto menor a banda de tolerâncias, mais próxima à ferramenta está da geometria CAD, entretanto, serão menores os segmentos de retas, nestas condições o fresamento de superfícies complexas pode exigir várias trajetórias de ferramenta (SANTOS; SOUZA e HOFFMANN, 2015; SOUZA e ULBRICH 2009). Segundo Souza e Ulbrich (2009), deve-se identificar o ponto de contato da ferramenta com a superfície em determinado instante e posteriormente deve-se calcular o ponto da extremidade central da ferramenta (CL), que são os pontos interpolados linearmente para a geração das trajetórias da ferramenta.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em um Centro de Usinagem vertical de 2 ½ eixos Diplomat, modelo SKYBULL 600. A máquina operatriz possui motor do eixo-árvore com 11 kW de potência, faixa de rotação entre 80 e 8000 rpm, magazine com capacidade para 20 ferramentas, tamanho da mesa 420 x 800 mm, curso longitudinal (X) 600 mm e curso transversal (Y) 400 mm, avanço rápido de 24000 mm/min e comando Fanuc Oi Mc. A ferramenta utilizada nos experimentos foi uma fresa inteiraça de metal duro ponta esférica (*Ball Nose*) com 5 mm de diâmetro, quatro arestas de corte e revestimento de TiAlN (nitreto de titânio e alumínio) fornecida pela empresa ZCC-CT. O código da ferramenta é HM-4B-R2.5 e o suporte mandril porta fresa ISO 40 código BT40-ER40-70. As estratégias de usinagem utilizadas no experimento foram “*offset*” e “*passes paralelos*” unidirecionais conforme representadas pelas Figuras 3a e 3b.

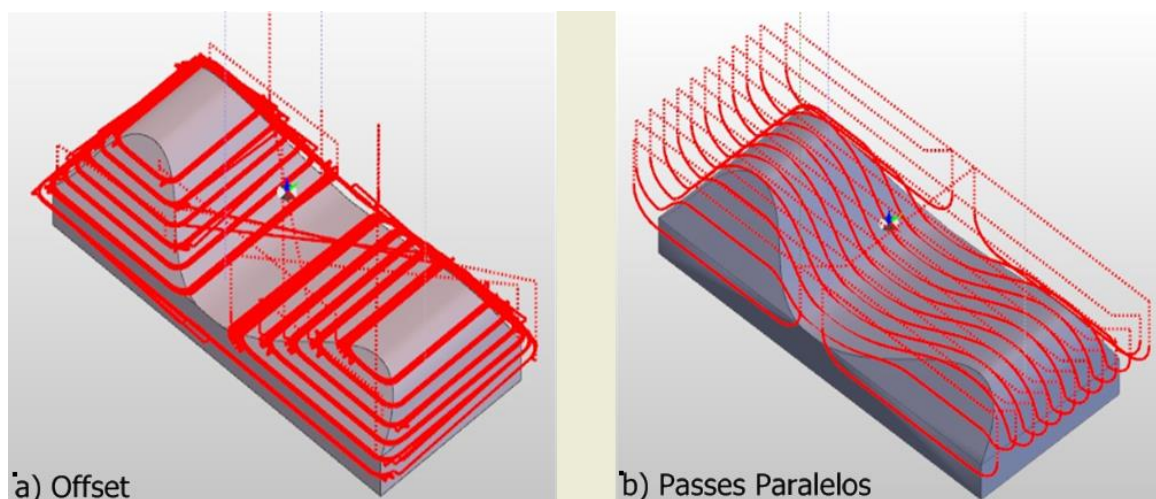


Figura 3 estratégias de usinagem. Fonte: O autor (2016).

Para Oliveira e Tsuzuki (2002), a usinagem em *offset* representada na Figura 3a, considera-se como uma estratégia adequada sendo indicada para superfícies complexas, destinada a obter menor tempo de usinagem. A estratégia de usinagem de passes paralelos, segundo Ramos (2003) *apud* Fernandes (2007) representada pela Figura 3b é linear e paralela e sua aplicação também voltada para peças retangulares, sendo que sua trajetória é descrita através da projeção de linhas paralelas entre si na superfície a ser usinada.

Os corpos de prova foram confeccionados a partir do aço AISI P20 preparados e identificados em 12 blocos iguais com as dimensões de 70 mm x 30 mm x 20 mm, tratados termicamente com dureza entre 30-34 HRC. A escolha do material para a fabricação do molde é de extrema importância, pois a cavidade é a responsável pela obtenção dos parâmetros que definem a qualidade das peças como a precisão dimensional, precisão de forma e acabamento superficial (AGUDELO, 2011). Os parâmetros de usinagem utilizados nos experimentos foram: velocidade de corte (v_c) de 94m/min, profundidade axial de corte (a_p) de 0,1mm, avanço por dente (f_z) 0,0625mm/dente e profundidade radial de corte (a_e) de 0,15mm, conforme definidos a partir das especificações do fabricante da ferramenta.

Para as medições de rugosidade média (R_a) dos corpos de prova foram realizadas três aferições em cada ponto para a obtenção da média aritmética, buscando afirmar a dispersão obtida por meio do relatório dimensional. As medições foram realizadas com a utilização de um rugosímetro da marca Mitutoyo, modelo 178-602, aferido e calibrado antes do início das medições. Os corpos de prova foram medidos no sentido transversal dos sulcos de usinagem, o *cut-off* padrão de 0,25mm conforme tabelas de resultados de acordo com a norma ISO 4287 (1997). A Figura 4 mostra o corpo de prova e seus respectivos pontos de medição.

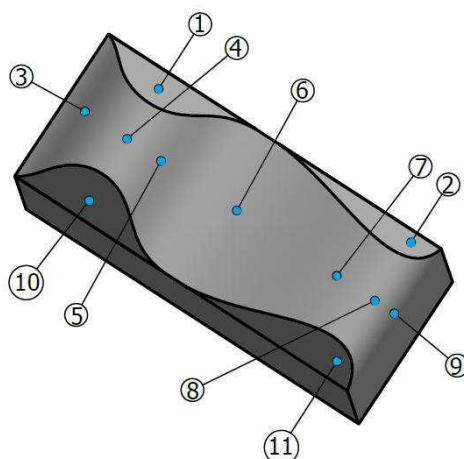


Figura 4 - pontos de medição da rugosidade *offset* e passes paralelos. Fonte: O autor (2016).

Com o objetivo de avaliar o volume de material removido, os corpos de prova foram pesados antes e depois dos experimentos, a balança de precisão utilizada é da marca Urano POP-S US20, capacidade para 6 Kg (Quilograma) com resolução de 0,01 gramas.

Para a avaliação do tempo de usinagem os experimentos foram cronometrados para que se faça a comparação entre as estratégias, o tempo real de usinagem foi obtido por cronometragem direta durante a usinagem dos corpos-de-prova.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Tempo de usinagem

Aplicando os parâmetros de corte igual para cada estratégia de usinagem, neste caso considerando apenas o tempo de usinagem de acabamento para cada peça, não levando em consideração os tempos não produtivos, tais como, a preparação da máquina, troca de peça, tempo de programação e entre outros fatores, os ensaios realizados nos corpos de prova utilizando a mesma estratégia não tiveram variação de tempo, porém, pode-se notar uma variação de tempo quando se comparam as duas estratégias, conforme apresentado na Figura 5.

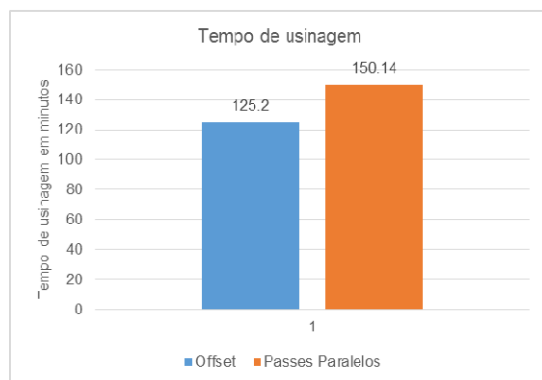


Figura 5 - Gráfico comparativo de tempo de usinagem entre estratégia de passes paralelos e *offset*. Fonte: O autor (2016).

Esta operação está relacionada diretamente na usinagem dos corpos de provas quando o operador realiza o início da operação e a máquina finaliza o processo. Neste modo, verificou-se uma variação de 19,92 % a menos de tempo da estratégia *offset* em relação a estratégia de passes paralelos apresentados na Figura 5. Isto ocorre segundo Andrade (2012), devido a geometria da peça em formato de cavidade, pois no método de passes paralelos a usinagem alcança a velocidade máxima em percursos lineares quando utilizada em superfícies planas ou com pouca inclinação, em superfícies complexas ou superfícies curvas onde aumenta a variação do eixo Z, a quantidade de linhas geradas pelo software CAM para manter o percurso da ferramenta e a faixa de tolerância é maior. Nestas condições exigindo maior velocidade de leitura e interpolação pelo módulo de suavização e dos encoders da máquina.

3.2 Volume de material removido

O volume de material removido dos corpos de prova analisado representa a média das seis réplicas ensaiadas de cada estratégia, sabendo que as ferramentas de corte utilizadas continham as mesmas especificações, os parâmetros de usinagem foram programados igualmente nas duas estratégias e o tempo de usinagem para cada réplica quando usinada com a mesma trajetória não tem variação, a estratégia de usinagem é a única variável para comparação relacionada a remoção do material. Antes de iniciar as operações os corpos de prova continham uma massa de 0,330 Kg cada e após os ensaios, a usinagem de passes paralelos removeu 1,75% a mais de material comparada com a estratégia de *offset*. A Figura 6 mostra o valor da massa para a comparação da diferença de quantidade de material removido em (Kg) nestas duas condições de usinagem.

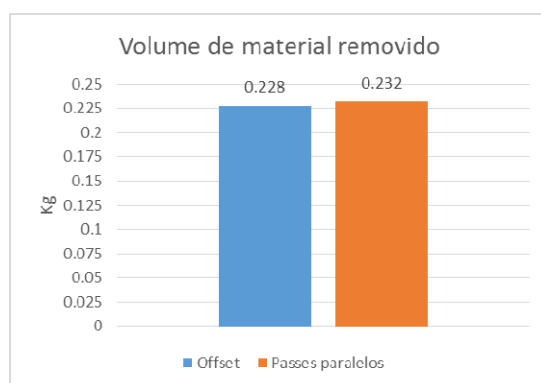


Figura 6 - Gráfico comparativo do volume de material removido entre estratégia de passes paralelos e *offset*.

Fonte: O autor (2016).

Conforme a Figura 6 pode ser observada que a remoção do material ocorreu com mais intensidade na estratégia de passes paralelos, este volume de material não removido representará em mais tempo gasto em processos posteriores para finalização do molde. Este fato pode ter ocorrido em função da quantidade de material restante deixado por operações anteriores. Este material excedente segundo (SOUZA, 2001) pode ser relacionado com a curvatura da superfície, com a profundidade de corte e a geometria da ferramenta de corte.

Outro item que pode ser ressaltado neste estudo é a tolerância para cálculos da trajetória que a ferramenta de corte percorreu em cada estratégia, pois alguns sistemas CAM permitem estabelecer uma banda de variação de limites com possibilidade de desvio da trajetória, a tolerância, o sentido de corte e a direção do deslocamento podem ter influenciado na quantidade de material removido. De acordo com Souza e Ulbrich (2009), para que se tenha uma qualidade satisfatória e um processo eficiente o usuário deve estar ciente das características do *software*.

3.3 Análise da rugosidade

Nas superfícies côncavas e convexas conforme definidos os pontos quatro, seis e oito, descritos no capítulo 2, não foi possível fazer a comparação de resultados devido ao sobremetal deixado pela usinagem de acabamento na estratégia em *offset* conforme mostra a Figura 7.

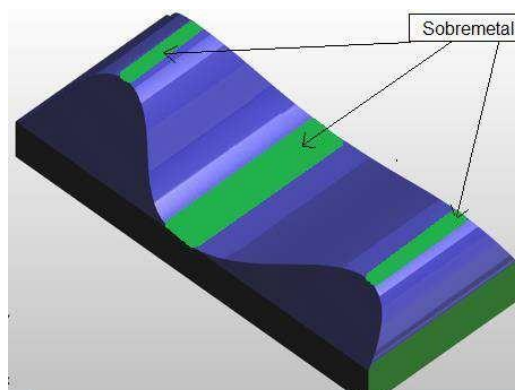


Figura 7 - Pontos que contém sobremetal não removido na estratégia *offset*. Fonte: O autor (2016).

Como as ferramentas esféricas são geralmente empregadas em estratégias de acabamento das superfícies complexas o sentido de corte da ferramenta deve ser avaliado com cuidado para que o centro da ferramenta, onde apresenta velocidade de corte zero, não seja utilizado, porque pode causar vibração ou deflexão da ferramenta (SOUZA, 2004). Neste estudo não houve possibilidades de evitar a utilização do centro da ferramenta de corte devido a geometria do corpo de prova, portanto, para a análise das faces onde é possível comparação de estratégias. Então foram definidos oito pontos de medição, todos os corpos de prova foram medidos nos mesmos pontos especificados na Figura 8.

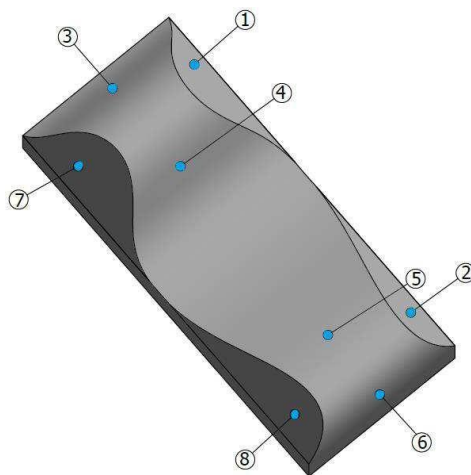


Figura 8 - Pontos de medição da rugosidade. Fonte: O autor (2016).

Por meio das médias dos valores encontrados em todos os pontos, pode-se verificar o comportamento das estratégias em valores R_a (média aritmética) de cada ponto. Para detalhar melhor os resultados obtidos serão divididos e apresentados separadamente a média R_a em três situações diferentes: vertical ascendente, vertical descendente quando se trata da estratégia de passes paralelos e horizontal descendente nas duas estratégias. A estratégia *offset* realiza sua trajetória nesta geometria sempre no sentido horizontal, então, os pontos de comparação foram os mesmos apresentados na Figura 8.

3.3.1 Vertical Ascendente

A usinagem no sentido vertical ascendente ocorre quando a ferramenta de corte desloca-se em auge do ponto mais baixo até o ponto mais alto da geometria da peça, neste modo o raio efetivo de corte da ferramenta varia de acordo com o ângulo de inclinação, dependendo da curvatura da superfície. Como as estratégias são diferentes os valores tiveram uma pequena variação na rugosidade conforme mostra a Figura 9.

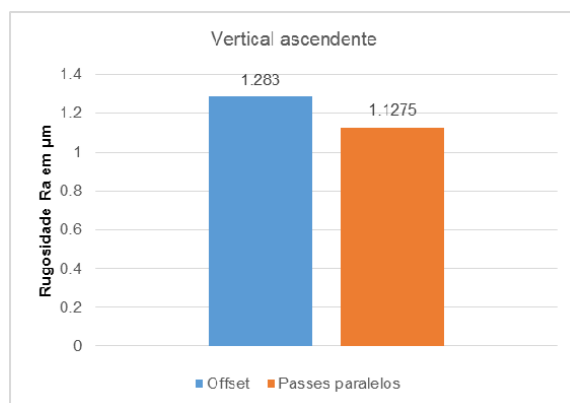


Figura 9 - Gráfico comparativo da rugosidade (R_a) entre estratégia de passes paralelos na superfície vertical ascendente e *offset*. Fonte: O autor (2016).

Souza (2004), afirma que no sentido ascendente a ferramenta corta com o diâmetro nominal, isto ocorrerá na usinagem de superfícies paralelas ao seu eixo dependendo do grau de inclinação. Dentre as estratégias utilizadas nos ensaios a estratégia de passes paralelos teve uma rugosidade menor comparada com a estratégia *offset*. A causa mais provável para esta pequena variação é o sentido de usinagem, pois para Souza e Ulbrich, (2009) a estratégia *offset* é

muito empregada, mas, o inconveniente desta opção são as marcas na superfície deixadas pela ferramenta na transição dos passes, neste modo, pode ter gerado vibração causando esta variação no acabamento.

Outro item que pode ser observado no estudo de Souza *et al* (2014) *apud* Montalvão, (2014), foi que o corte ascendente se mostrou melhor opção para o fresamento. As forças de corte ascendentes foram em torno de 50% menores que nas descendentes, estas variações podem ter influência no acabamento da superfície usinada.

3.3.2 Vertical descendente

O sentido de corte descendente ocorre quando a ferramenta de corte se desloca em declive em uma determinada superfície, neste caso Berkenbrock (2012) afirma que no sentido de corte descendente, o material removido com o diâmetro efetivo mínimo é menor do que quando a ferramenta atua com o diâmetro máximo, isso devido à inclinação da ferramenta em relação à geometria da peça. Portanto, a velocidade de corte é mínima, esta variação causa interferência na precisão da peça. Na Figura 10 nota-se que a estratégia de passes paralelos na usinagem em superfície descendente a rugosidade teve variação comparada com a estratégia *offset*.

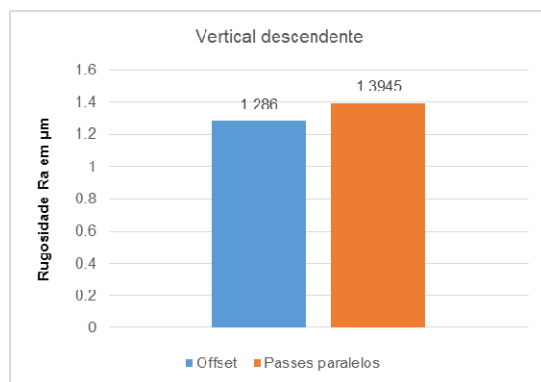


Figura 10 - Gráfico comparativo entre estratégia de passes paralelos na superfície vertical descendente e *offset*.
Fonte: O autor (2016).

Souza (2004), afirma que a usinagem no sentido descendente a ferramenta utiliza a parte esférica podendo atuar com o diâmetro mínimo ou o centro da ferramenta, dependendo do sobremetale e o raio da fresa, quando isso ocorre os esforços de usinagem aumentam, gerando possíveis vibrações e deflexões na ferramenta.

Nesse contexto, Berkenbrock (2012) afirmou que os esforços de corte são decorrentes de três fatores: cisalhamento, atrito entre a superfície de saída da ferramenta e o cavaco e atrito entre a superfície de folga da ferramenta e a peça. Neste caso como a usinagem em *offset* não tem variação de parâmetros em todo o percurso do passe, a rugosidade neste ponto atingiu melhor valor comparado com a estratégia de passes paralelos.

3.3.2 Horizontal descendente

Nos pontos definidos como horizontal descendente deste estudo, a superfície ensaiada é plana com inclinação, mesmo nestas condições a instabilidade da ferramenta permanece, pois o ponto de contato da ferramenta de corte também é variável devido à inclinação e pelo fato de que a ferramenta está usinando no sentido descendente e a usinagem se dá com o diâmetro efetivo mínimo da ferramenta. Na Figura 11 pode-se verificar a diferença na rugosidade entre as duas estratégias de usinagem.

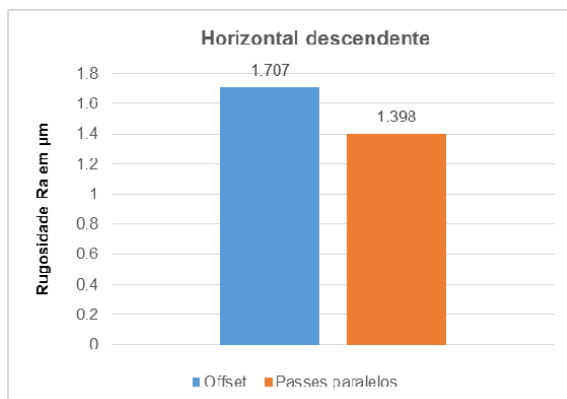


Figura 11 - Gráfico comparativo entre estratégia de passes paralelos e *offset* na usinagem de superfície horizontal descendente. Fonte: O autor (2016).

Realizando a média dos valores de todas as faces, a estratégia de passes paralelos apresentou menor rugosidade. De acordo com Capla (2006), o amassamento do material ocorre quando a inclinação da superfície é menor devido ao contato da parte central da fresa com a peça. Berkenbrock (2012) concluiu que na usinagem descendente o diâmetro efetivo da ferramenta atua com seu menor diâmetro comparado com a usinagem ascendente no mesmo ponto de inclinação. Nestas condições pode-se ter um resultado ainda melhor nestas estratégias usinando no sentido horizontal ascendente.

4. CONCLUSÕES

- Para o tempo de usinagem, a estratégia *offset* apresentou um melhor desempenho quando comparado com a estratégia de passes paralelos, contando com uma variação de 19,92% a menos de tempo em relação à estratégia de passes paralelos;
- A estratégia em *offset* não removeu todo o material deixado pela operação anterior nas superfícies côncavas e convexas;
- Para o volume removido, a usinagem de passes paralelos obteve 1,75% a mais de arranque de material quando comparada com a estratégia de *offset*;
- A estratégia de passes paralelos conteve a maior quantidade de resultados favoráveis em termos de acabamento superficial;
- No sentido de corte ascendente a estratégia de passes paralelos obteve uma rugosidade Ra menor compara com a *offset* e no sentido descendente a estratégia *offset* obteve um melhor resultado;
- A combinação das estratégias pode ser considerada adequada para realizar uma usinagem de qualidade, obter resultados apropriados no acabamento superficial e melhorar o *lead time*.

5. AGRADECIMENTOS

A empresa Villares Metals S/A pelo fornecimento da matéria prima utilizada nos experimentos de usinagem e a empresa Electro Aço Altona S/A pelo apoio e medição da rugosidade dos corpos de prova.

6. REFERÊNCIA

- Albano, A. E. Análise Comparativa Entre as Estratégias de Fresamento 3 e 5 Eixos Para a Fabricação de Moldes. Dissertação de Mestrado - Sociedade Educacional de Santa Catarina Instituto Superior Tupy. Joinville, p. 100. 2008.
- ARIAS, M; SOUZA, A. F. (2008). Descrição matemática das funções Spline. Máquinas e Metais, abril pp290-311.
- Agudelo, Juan Ignacio Pereira. Efeito da Forma da Partícula Abrasiva no Desgaste de Ligas de Alumínio e de Aço Usadas Na Fabricação de Cavidades para Moldes de Injeção de Termoplásticos. 2011. 112 F. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós- Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Cap. 2.
- Arias, Marcelo Luis. Análise do Comportamento de Diferentes Sistemas CAM na Usinagem de Superfícies Complexas Utilizando Altas Velocidades. 2009. 101 F. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Engenharia Mecânica, Instituto Superior Tupy, SOCIESC, Joinville, 2009. Cap. 2.
- Berkenbrock, Ernesto. Estudo do Efeito da Direção e do Sentido de Corte na Força de Usinagem num Processo de Fresamento de Formas Complexas. 2012. 107 F. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, SOCIESC, Joinville, 2012. Cap. 2.
- Bodziak, Sabrina. Estudo do Microfresamento Aplicado À Indústria de Moldes e Matrizes Como Alternativa à Usinagem por Eletroerosão. 2011. 118 F. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre Em Engenharia Mecânica. Instituto Superior Tupy, SOCIESC, Joinville, (2011). Cap. 2.
- Fernandes M. T, (2007) Análise de Estratégias de Corte Para Manufatura de Superfícies Complexas com Alta Velocidade. In: Congresso de Iniciação Científica, 2007.
- ISO 4287:1997 - Geometrical Product Specification (GPS) - Surface Texture: Profile Method - Terms, Definitions And Surface Texture Parameters.
- Montalvão, Jairo de Almeida. Determinação da Usinabilidade dos Aços ferramenta N2711M e VPATLAS no fresamento de topo. 2014. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Cap. 2.
- Moura, Ricardo Ribeiro. Fresamento de Aço Para Matrizes VP20 ISO F Com Ferramentas Reafiadas. 2012. 94 F. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Cap.2.
- Oliveira L. C, Tsuzuki M. S. G, 2002 Contribuições Para Otimização da Usinagem de Cavidades 2 ½ D In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2002.
- Scandiffio, I, Diniz A. E, Souza, A. F, 2014 Influência da Inclinação da Superfície E Da Direção de Avanço na Rugosidade e nas Componentes Da Força De Usinagem No Fresamento de Perfis. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2014.
- Santos, S. C.; Sales, W. F. Aspectos Tribológicos da Usinagem Dos Materiais. São Paulo: Artiber, 2007.

- Santos, A. L. B, Sousa, M. M, Duarte, M. A. V, Ribeiro C. R, 1999. Estudo do Comportamento do Acabamento Superficial em Relação aos Principais Parâmetros de Usinagem no Fresamento via Redes Neurais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 1999.
- Souza, Adriano Fagali de. Análise Das Interpolações de Trajetórias De Ferramenta na Usinagem HSC (High Speed Cutting) em Superfícies Complexas. 2001. 89 F. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'oeste, 2001. Cap. 2.
- Souza, Adriano Fagali de. Contribuições Ao Fresamento de Geometrias Complexas Aplicando a Tecnologia de Usinagem Com Altas Velocidades. 2004. 171 F. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade De São Paulo, São Carlos, 2004. Cap. 2.
- Souza, A. F. D.; Ulbrich, C. B. L. Engenharia Integrada Por Computador e Sistemas CAD/CAM/CNC. São Paulo: Artliber, 2009.

7. DIREITOS AUTORAIS

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

INFLUENCE OF MILLING STRATEGIES IN FINISHING MILLING OF COMPLEX SURFACES OF AISI P20 STEEL

Helio Kfassniak, helio.kfassniak@edu.sc.senai.br

Valdir da Silva, valdir.silva1@edu.sc.senai.br

SENAI Blumenau - Rua São Paulo nº 1147, Itoupava Seca, CEP- 89030-001 - Blumenau/SC

Abstract: *In the machining of complex surfaces, the trajectories calculated by different strategies have a significant impact on machining time and surface finishing. The knowledge, capability and effectiveness of each strategy helps in the development of the industry by reducing costs and increasing productivity. This study presents an experimental methodology to investigate the trajectories calculated by two different machining strategies, offset and parallel passes, in the manufacture of complex geometric shapes often found in the mold and dies industry.*

Keywords: *Milling in finishing, Complex geometries, Steel AISI P20.*