

ALGORITMOS PARA ESCOLHA DE FERRAMENTAS DE CORTE E OTIMIZAÇÃO DO CAMINHO DE USINAGEM APLICADOS NO MACRO DE FACEAMENTO NO AMBIENTE COM COMANDO NUMÉRICO

Francisco Estevão Cota

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia de Produção
Av. Fernando Ferrari s/n, 29060-970 - Vitória – ES
E-mail – cota@npd.ufes.br, Telefones : 0--27 335.2865 - Fax e 0--27 335.2649

Eduardo Vila Gonçalves Filho

Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Mecânica
Av. Carlos Botelho, 1465, 13560-970 – São Carlos – SP
E-mail – evila@sc.usp.br, Telefones : 0--16 273.9397 e 0--16 273.9429

Resumo. Neste trabalho são apresentados dois algoritmos para escolha de ferramentas de corte, aplicados ao macro de faceamento. Estes algoritmos definem o melhor caminho das fresas para otimizar a usinagem em superfícies definidas por polígonos convexos, no ambiente com Comando Numérico. A entrada dos dados pode ser feita pelos vértices do polígono ou por equações matemáticas dos segmentos de reta que determinam as arestas. É apresentado o algoritmo, denominado “PSURF3”, utilizando-se de idéias do circuncentro e das maiores distâncias entre os vértices, que calcula o diâmetro de uma fresa e garante todo o desbaste da superfície. Também é desenvolvido o algoritmo “PSURF4”, utilizando-se do conceito de incentro, que calcula o diâmetro de uma fresa para efetuar o corte equidistante ao contorno inicial, mediante um único passe.

Palavras-chave: Faceamento, Escolha de Fresas, Caminho de Ferramenta

1. INTRODUÇÃO

Na usinagem de peças mecânicas prismáticas existe, freqüentemente, a necessidade de se realizar uma operação de fresamento de faceamento. O trabalho desenvolvido nesta pesquisa por Cota (1995) utiliza as possibilidades de otimização da usinagem por meio de um enfoque geométrico, onde são apresentados dois algoritmos para escolha de ferramentas de corte, aplicados ao macro de faceamento, em polígonos convexos, no ambiente com comando numérico. É apresentado o algoritmo, denominado “PSURF3”, utilizando-se de idéias do circuncentro e das maiores distâncias entre os vértices, que calcula o diâmetro de uma fresa e garante todo o desbaste da superfície, desde que seja atingido um ponto determinado. A idéia de se fazer o uso dos maiores diâmetros na escolha da fresa, calculando o maior diâmetro possível e não deixando vazios, foi

empregada no algoritmo “PSURF4”, aplicado ao faceamento, onde se efetua o corte equidistante ao contorno inicial, mediante um único passe.

2. OTIMIZAÇÃO DA USINAGEM

De acordo com Wang *et al.* (1987) e Deshmukh & Wang (1993) há duas maneiras de otimizar a usinagem de uma peça; pela alteração dos parâmetros de usinagem ou minimizando o caminho da ferramenta.

Vários trabalhos, através da aplicação do corte periférico, têm focado o problema de otimização do fresamento pela mudança dos parâmetros tecnológicos. Entre estas abordagens, aplicadas ao processo de fresamento, com o objetivo de determinar os parâmetros de usinagem, podem-se assinalar os trabalhos de Wang & Wysk (1986) e Amarego *et al.* (1993). Entretanto, alguns trabalhos procura minimizar o caminho da ferramenta, aplicados em polígonos convexos, mantendo-se os outros parâmetros de corte, como em Wang *et al.* (1987), aplicando-se o corte ziguezague, enumerando direções com intervalo de um grau e comparando com o corte equidistante; Wang *et al.* (1988), através de modelamento matemático com auxílio da Programação Linear e Lakkaraju *et al.* (1992), num modelamento analítico em função do ângulo, aplicando-se o corte ziguezague.

Como existem muitos parâmetros a serem considerados na operação de desbaste, como assinalado por Lakkaraju *et al.* (1992), no faceamento, a solução ótima de usinagem é mais difícil de ser alcançada, por causa da quantidade de variáveis envolvidas. Como observado na literatura, há vários trabalhos que tratam da otimização deste macro, fazendo o uso de multipasses (havendo, portanto, uma relação pequena entre o diâmetro da fresa e a área a ser desbastada). Entretanto, várias relações entre os diâmetros possíveis e a distância percorrida pela fresa serão abordadas, e várias estratégias devem ser utilizadas: o posicionamento na superfície, o sentido de corte e o método adotado (caminho da ferramenta).

2.1 Faceamento Num Único Passe

Os macros são módulos de programação que auxiliam o trabalho do programador CN (Comando Numérico). Estes macros contém informações tecnológicas e geométricas que facilitam a elaboração de trechos repetitivos dos programas como faceamento e cavidade. No macro de faceamento a ferramenta desbasta uma superfície delimitada por um contorno fechado. Para este macro a ferramenta deve iniciar o corte do exterior para o interior da superfície. A ferramenta já começa desbastando o contorno inicial (figura. 1).

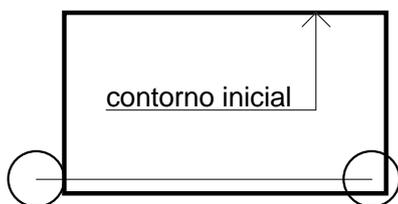


Figura 1 – Faceamento

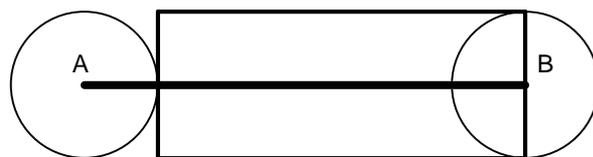


Figura 2 - Corte num único passe

Conforme se observa na figura 2, no faceamento de uma superfície com uma fresa de diâmetro igual à largura desta, posicionada inicialmente com o centro no ponto A, o desbaste seria feito deslocando-se a fresa ao longo da superfície até que o centro

alcançasse o ponto B. Não há necessidade de avançar além deste ponto. Isto porque, desde que todos os vértices da superfície tenham sido atingidos, está garantida a usinagem desta superfície. Esta idéia, para efeito de otimização no caso do desbaste, onde as condições de acabamento são menos consideráveis, será explorada nos cortes com um único passe por meio de adequadas estratégias de corte.

O contorno fechado, que delimita o macro de faceamento, será definido por segmentos de reta formando um polígono convexo. A entrada dos dados do contorno pode ser feita pelos vértices dos polígonos ou por equações matemáticas dos segmentos de reta.

Neste trabalho será desenvolvido o algoritmo “PSURF3”, onde se calcula o círculo que contém todo o polígono e, o algoritmo “PSURF4”, equidistante ao contorno inicial. Estas estratégias de corte têm como base a geometria, e se relacionam com circuncentro e incentro do triângulo. Cada um destes algoritmos é detalhado e explicado a partir de exemplos de geometria simples, como o triângulo, e os procedimentos adotados são estendidos para os polígonos convexos.

3. FACEAMENTO ATINGINDO UM PONTO

Nesta estratégia de corte, procura-se definir o ponto que, quando alcançado pelo centro da fresa, garanta que toda a superfície tenha sido usinada. Escolhe-se um diâmetro de fresa que contém todos os vértices do polígono, isto porque o círculo que representa esta fresa conterá todo o polígono.

Triângulo Retângulo e Obtusângulo. Pela figura 3, no triângulo obtusângulo PRQ o menor círculo que contém os três vértices é aquele que tem o seu diâmetro no valor da maior aresta. Observe pela figura 3 que a circunferência circunscrita é maior do que o menor círculo circunscrito a este triângulo.

Então, para os triângulos obtusângulos, onde o circuncentro é externo ao triângulo (ponto (X,Y) na figura 3), deve-se escolher uma fresa no diâmetro da maior aresta. Esta mesma idéia será estendida para os polígonos, onde deve-se também avaliar as diagonais deste.

Para o triângulo retângulo, o círculo que contém os três vértices terá seu centro no ponto médio da hipotenusa e o diâmetro no valor da hipotenusa. Sendo assim, a fresa para desbastar num único deslocamento será também aquela que tenha o seu diâmetro igual ao valor da hipotenusa.

A escolha do diâmetro de uma fresa para usinar esta superfície num deslocamento de desbaste único, independente da direção, é aquela que tem o diâmetro no valor mínimo desta aresta.

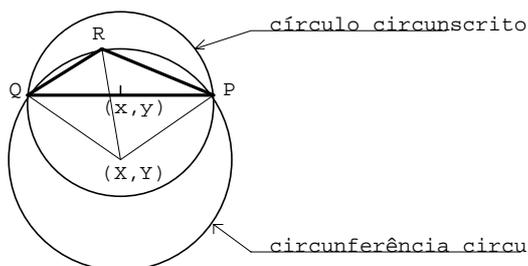


Figura 3 - Triângulo obtusângulo

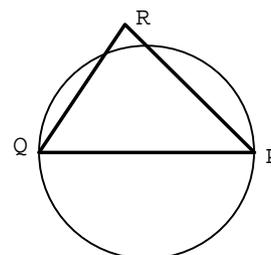


Figura 4 - Triângulo acutângulo

Triângulo Acutângulo. Se o ângulo oposto à maior aresta de um triângulo for menor do que 90 graus, este é um triângulo acutângulo. Na representação da figura 4, utilizando-se de um círculo com o diâmetro no valor da maior aresta, pode-se observar que o vértice R, oposto à maior aresta (aresta \overline{PQ}), não pertence a este círculo. Neste caso, se quisermos atingir num único passe os três vértices, e garantir o desbaste da superfície, deve-se utilizar o conceito do circuncentro, porque o seu centro geométrico garante a equidistância aos três vértices.

Cálculo do Circuncentro de um Triângulo. Define-se circuncentro (C) como o ponto equidistante dos vértices de um triângulo. Para calcular o circuncentro de um triângulo, figura 5, pode-se utilizar um sistema de três equações e três incógnitas, dado por (1). Esta é uma simplificação do sistema de equações utilizado no macro de cavidades em Cota *et al.* (1993). Os pontos (a_i, b_i) em (1) são os vértices (Q, R e P) do triângulo. Estes vértices representam os centros de circunferências de raio $r = 0$ e $K=1$ (sentido de deslocamento positivo, portanto o raio da circunferência aumenta na geração de uma nova equidistante).

O circuncentro também pode ser calculado pela intersecção de duas mediatrizes do triângulo.

Este sistema de equações, utilizado para calcular o menor círculo que contém o triângulo, é também aplicado para polígonos convexos. Neste caso, determina-se o maior triângulo formado por três vértices de um polígono convexo.

Deve-se registrar que no trabalho de Zambor-Murray & Linder (1988), onde se desenvolveu também este sistema de equações, para aplicação em um sistema CAD, não foi desenvolvida esta possibilidade de cálculo e nem, naturalmente, este tipo de interpretação.

$$\begin{aligned} (x-a_1)^2 + (y-b_1)^2 &= t^2 \\ (x-a_2)^2 + (y-b_2)^2 &= t^2 \\ (x-a_3)^2 + (y-b_3)^2 &= t^2 \end{aligned} \quad (1)$$

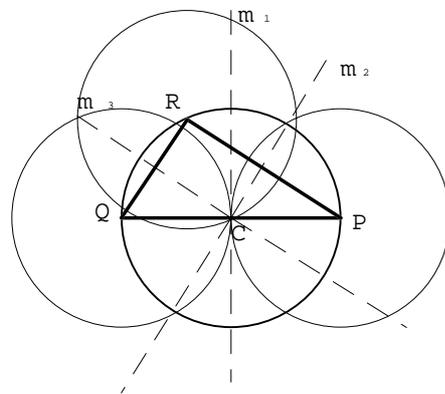


Figura 5 - Circuncentro de um triângulo

Superfície Poligonal Convexa. O raciocínio da maior aresta e do circuncentro pode ser estendido para o cálculo de superfícies poligonais convexas, sendo que, para os polígonos, deve-se considerar tanto a maior aresta quanto a maior diagonal.

Calcula-se a maior distância entre todos os vértices (aresta e diagonal) do polígono e verifica-se se todos os vértices deste polígono pertencem ao círculo gerado pelo raio no valor da metade desta maior distância, e com o centro no ponto médio desta distância.

Caso se tenha algum vértice exterior a este círculo, deve-se calcular o circuncentro do triângulo formado pelos dois vértices desta maior distância e pelo vértice mais externo ao círculo calculado e, novamente, verificar se os vértices pertencem ao novo círculo. O algoritmo "PSURF3" detalha este procedimento.

3.1 Algoritmo “Psurf3” para Cálculo do Círculo que contém o Polígono

Passo 1 - Calcula-se a maior distância entre os vértices (maior aresta ou maior diagonal). Aresta PQ na figura 6.

Passo 2 - Define-se (x,y) o ponto médio desta maior distância como o centro de um círculo (C1) e seu diâmetro no valor dessa distância (figura 6).

Passo 3 - Verifica-se todos os vértices pertencem a este círculo. Se a resposta for sim, a metade desta distância define o raio da menor fresa; caso contrário, faça o passo 4.

Passo 4 - Toma-se o vértice mais distante ao centro deste círculo (vértice R, na figura 6) mais os dois vértices da maior distância (vértices P e Q). Calcula-se o circuncentro (C) destes três vértices, utilizando-se a rotina de cálculo do circuncentro. Define-se o círculo C2 com o centro no ponto (C) e o raio no valor da distância de (C) aos vértices P, Q e R.

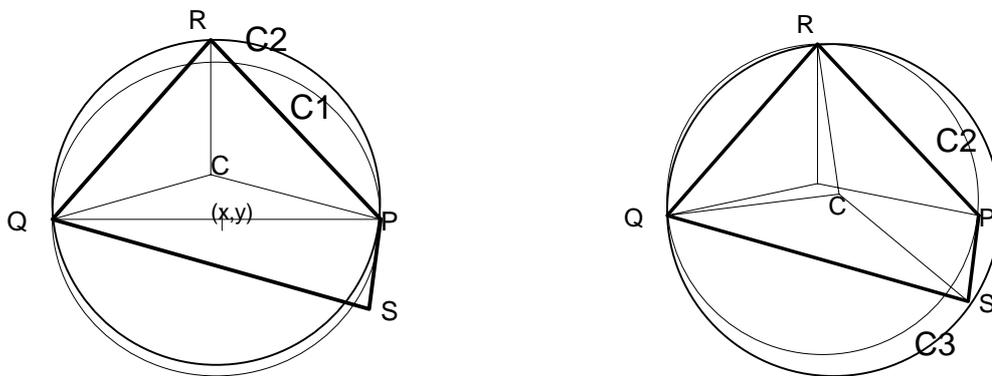


Figura 6 - Maior diagonal e circuncentro Figura 7 - Círculo que contém todo o polígono

Passo 5 - Se o polígono é um triângulo este é o final; caso contrário, verifica-se todos os vértices pertencem a este círculo. Se existir algum vértice exterior a esse círculo, executa-se o passo 6.

Passo 6 - Calcula-se o vértice mais distante do centro do círculo. Vértice S na figura 7. Calcula-se qual dos três vértices do triângulo, definido no passo 4, está mais próximo desse vértice mais distante. Vértice P na figura 7. Elimina-se este vértice mais próximo. Utilizam-se os dois vértices remanescentes (vértices Q e R) e o novo vértice (S) para definir o maior triângulo do polígono. Calcula-se novamente o circuncentro (C) desses três vértices. Define-se o círculo C3 com o centro no ponto (C) e o raio no valor da distância de (C) aos vértices S, Q e R. Fim.

Exemplo. O exemplo que se segue foi publicado por Deshmukh & Wang (1993), numa aplicação em multipasses. Este exemplo trata de um quadrilátero com os seguintes vértices: (10;5), (5;5), (5;10), (11.18;6.08). Aplicando-se o algoritmo “PSURF3”, atingindo o ponto, determina-se o diâmetro da fresa para efetuar o faceamento num único passe.

A figura 8 apresenta a simulação do caminho da ferramenta e a tabela 1 mostra o valor do diâmetro da fresa com o respectivo deslocamento, para efetuar a usinagem atingindo um ponto. Observa-se que o ponto atingindo é um circuncentro.

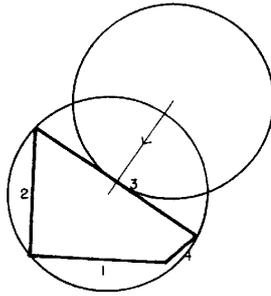


Figura 8 - Corte atingindo o circuncentro

Tabela 1 – Atingindo um ponto

| Aresta mais próxima | Diâmetro o | Deslocamento |
|---------------------|---------------|--------------|
| 3 | 7.43 | 4.35 |

Aplicando-se o algoritmo "PSURF3" chega-se ao valor do diâmetro do menor círculo que contém o polígono. Deve-se ratificar que, independentemente do ponto de entrada da fresa, desde que o circuncentro seja alcançado, fica garantida usinagem da superfície. Para este exemplo, o menor deslocamento se dá com a entrada perpendicularmente à aresta 3. E, para diminuir o percurso da ferramenta, a usinagem é efetuada perpendicularmente à aresta mais próxima do ponto médio da maior distância entre os vértices ou do circuncentro do polígono, que é o ponto a ser atingido.

4. FACEAMENTO EQUÍDISTANTE AO CONTORNO INICIAL

A idéia nesta estratégia de corte é escolher uma fresa de diâmetro suficientemente grande para, num único passe equidistante ao contorno inicial, usinar toda a superfície.

Com auxílio do menor ângulo formado por duas arestas da superfície e da maior circunferência inscrita, calcula-se o diâmetro da fresa para desbastar equidistantemente ao contorno da superfície (algoritmo "PSURF4"). Para o cálculo do maior raio da circunferência inscrita utiliza-se do conceito de incentro.

Caso tivéssemos uma superfície circular a usinar; uma fresa com diâmetro igual ao raio desta seria suficiente para, efetuando um corte equidistante ao contorno inicial, desbastar toda a superfície (figura 9). Entretanto, nas superfícies planas há cantos vivos, e é necessário atingir todos os vértices, para garantir o desbaste por completo.

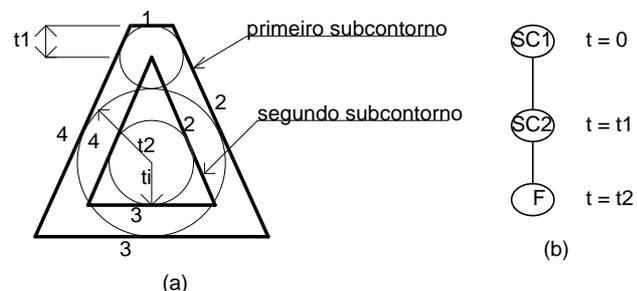
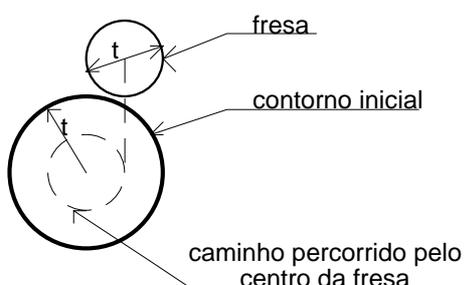


Figura 9 - Fresamento circular equidistante Figura 10 - Reconhecimento geométrico

Para calcular o maior raio inscrito numa superfície, deve-se efetuar o reconhecimento geométrico, como desenvolvido para as cavidades (Cota *et al.*, 1993 e Cota & Vila, 1995). Este pré-processamento geométrico é obtido através da geração de subcontornos com o auxílio dos sistemas de equações, onde se tem cada função com um grau de liberdade, onde os elementos do contorno inicial ($t \geq 0$) se deslocarão para formar os subcontornos e, posteriormente, os contornos derivados (figura 10).

Tomam-se três a três as funções de deslocamento e montam-se n (quantidade de elementos do subcontorno) sistemas com três equações a três incógnitas. Tem-se assim uma lista de valores de raios inscritos referentes ao subcontorno. O menor valor destes significa um elemento a ser cancelado.

A seqüência dos três elementos $\{4,1,2\}$, na figura 10, é a que dá o menor raio inscrito (t_1). O elemento $\{1\}$ é cancelado para a formação do próximo subcontorno. Transladando os elementos do contorno para a equidistante (t_1), gera-se o segundo subcontorno. Refazem-se os cálculos dos raios inscritos. Como só há três elementos para este segundo subcontorno, tem-se o raio inscrito final (t_i). Soma-se ao anterior ($t_2 = t_1 + t_i$), obtendo-se o valor do próximo raio inscrito. É o final do reconhecimento. Observa-se que o raio t_2 é o valor do maior raio inscrito, e que representa o furo máximo se aplicado a uma cavidade.

4.1 Algoritmo “Psurf4” Equidistante ao Contorno Inicial

Passo 1 - Faça o reconhecimento geométrico, gerando subcontornos equidistantes ao contorno inicial.

Passo 2 - Defina T como o maior raio inscrito (figura 11).

Passo 3 - Pela figura 11 e figura 12, sendo:

a = menor ângulo entre os elementos do contorno inicial, e

R = Raio da fresa para usinar num único passe equidistante, têm-se:

$$\text{sen}(a/2) = x/R$$

e,

$$R = T - x$$

então,

$$\text{Calcule } R = T/(1 + \text{sen}(a/2)).$$

Passo 4 - Defina uma aresta inicial.

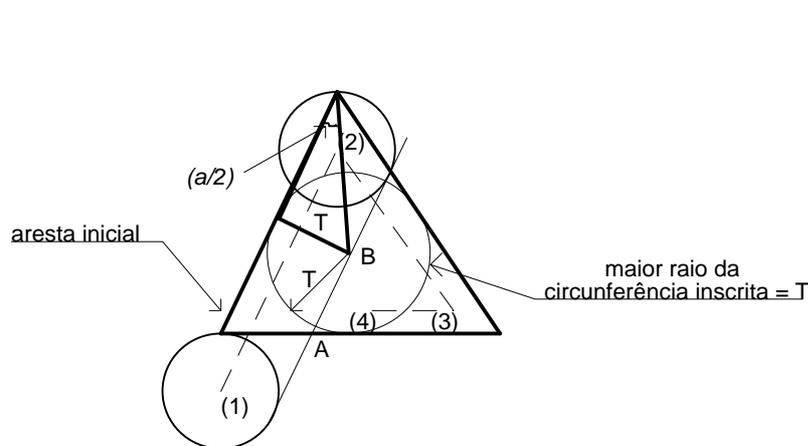


Figura 11 - Corte equidistante

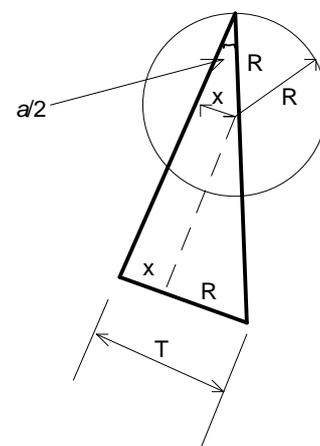


Figura 12 - Corte equidistante

Passo 5 - A equidistante para o contorno derivado é $x = T - R$. Translade os elementos para esta equidistante.

Passo 6 - Posicione a fresa tangente ao contorno inicial. O posicionamento deve ser na equidistante $(-R)$ do contorno inicial com a equidistante $(t = x)$ para a aresta inicial.

Passo 7 - Determine os pontos A e B, pontos que a fresa deverá atingir ao completar o contorno derivado, para garantir o completo desbaste da superfície. O ponto A é a intersecção da aresta anterior à aresta inicial, na equidistante $(t = 0)$, com a aresta inicial na equidistante $(t=T)$. O ponto B é aquele que estiver mais próximo de A: ou a intersecção da aresta inicial e a aresta posterior a aresta inicial na equidistante $(t = T)$, ou o ponto do incentro mais interno.

Passo 8 - Calcule a distância entre A e B. Se esta distância for menor do que o diâmetro da fresa, com o auxílio da mediatriz do segmento entre A e B, calcule o ponto equidistante no valor de R aos pontos A e B e que está no lado ainda não usinado (ponto (4) na figura 11). Este será o ponto final; caso contrário, calcule o ponto de intersecção da equidistante $(t = T)$ para a aresta inicial, com a equidistante $(t = x)$ para a aresta anterior a esta. Neste caso, verifique se o ponto A foi atingido. Em caso afirmativo, pare, caso contrário calcule o ponto a uma distância no valor de (R) deste vértice.

Exemplo. A tabela 2 apresenta o resultado da aplicação do algoritmo “PSURF4”, equidistante ao contorno inicial. E a figura 13 mostra uma simulação deste exemplo.

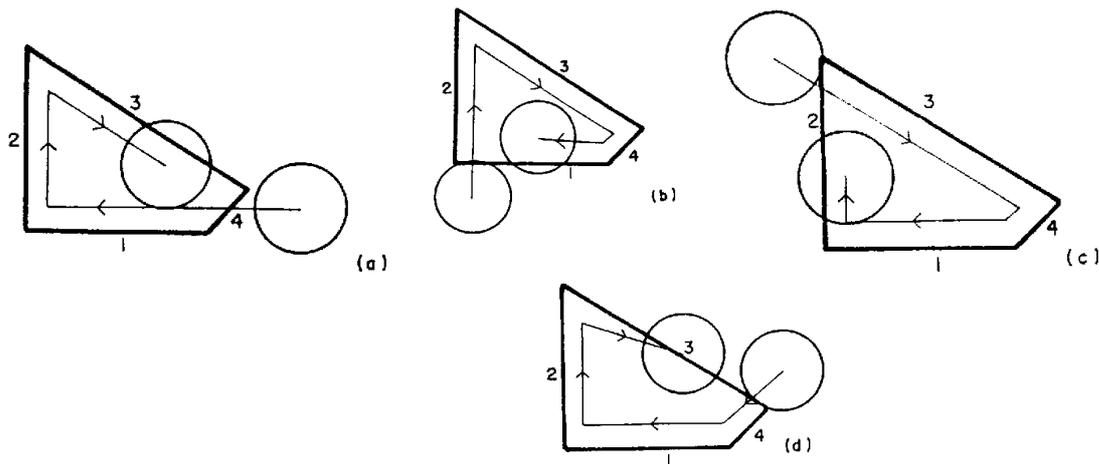


Figura 13 - Corte equidistante ao contorno inicial

Tabela 2 - Algoritmo equidistante ao contorno inicial

| Aresta inicial | Diâmetro | Deslocamento | Figura |
|----------------|----------|--------------|--------|
| 1 | 2.39 | 13.88 | 13a |
| 2 | 2.39 | 12.01 | 13b |
| 3 | 2.39 | 13.07 | 13c |
| 4 | 2.39 | 12.63 | 13d |

Entrada da Usinagem. O posicionamento inicial da ferramenta, que determina o ponto de entrada da fresa na peça, pode determinar um menor percurso da ferramenta. Wang *et al.* (1987) concluíram que é pouco significativo o ponto de entrada da ferramenta

na peça na usinagem utilizando-se do corte equidistante, se comparado ao corte ziguezague. Eles consideraram apenas o somatório de deslocamento dos posicionamentos entre os contornos derivados, o que, em outras palavras, significa a distância do incentro mais interno aos vértices (quando o corte se inicia no vértice). Isto significa então, nesta avaliação, que a menor distância do incentro mais interno aos vértices determinaria em qual vértice deve-se iniciar a usinagem.

Neste trabalho, para o corte equidistante, só foi gerado o caminho da ferramenta no sentido horário.

Deve-se registrar também que, para os polígonos regulares, por exemplo quadrado e hexágono, o ponto de entrada da ferramenta na peça e o sentido deste são indiferentes no que diz respeito à otimização do caminho da ferramenta, desde que este se iniciem apenas nos vértices.

Pela tabela 3 observa-se que a maior relação entre o máximo e o mínimo percurso é de 15.61%. Esta diferença é substancial, quando se compara com o corte equidistante ("spiral-out") em Wang *et al.* (1987), que é da ordem de 5%. Deve-se destacar, portanto, que ao efetuar o corte com diâmetros das ferramentas que tenham uma relação grande, diâmetro *versus* área a usinar, o ponto de entrada é mais considerável. Deve-se registrar, entretanto, que nos trabalhos de multipasses tem-se um diâmetro da fresa muito menor do que a área a usinar, sendo, portanto, coerente.

Tabela 3 - Relação entre o máximo e o mínimo percurso

| Aresta | Máximo percurso/mínimo percurso |
|--------|---------------------------------|
| 1 | 15.61% |
| 2 | - |
| 3 | 8.82% |
| 4 | 5.21% |

5. COMPARAÇÕES ENTRE OS ALGORITMOS E CONCLUSÕES

Dos dois algoritmos propostos neste trabalho, o algoritmo "PSURF4", equidistante ao contorno inicial, nos dá o menor diâmetro da fresa para usinar uma superfície definida por polígonos convexos, mesmo sendo este algoritmo classificado como duplo passe. Os resultados demonstram que no corte utilizando-se de um único passe o posicionamento inicial da fresa é significativo, diferentemente do corte multipasses desenvolvido por Wang *et al.* (1987), em que o vértice inicial não apresenta diferenças consideráveis no percurso da ferramenta.

Pelo algoritmo "PSURF3", utilizando-se de idéias do circuncentro e das maiores distâncias entre os vértices, foi calculado o diâmetro de uma fresa que garante todo o desbaste da superfície, desde que seja atingido um ponto determinado. Este algoritmo não tem a mesma versatilidade do "PSURF4", no que se refere ao posicionamento na superfície, mas o que deve ser analisado é a relação: distância percorrida e diâmetro da fresa. E, como proposto por Cota (1995), pelo algoritmo "PSURF5", estes algoritmos podem ser utilizados em conjunto, agregando suas potencialidades e aproveitando a melhor relação da distância percorrida e dos diâmetros das fresas disponíveis.

Sendo assim os algoritmos desenvolvidos neste trabalho podem apresentar ganhos substanciais para as empresas que se utilizam de máquinas ferramentas com comando

numérico, pois através deles obtém-se uma diminuição do tempo e do percurso percorrido pelas ferramentas. E estes podem ser agregados aos sistemas comerciais existentes.

REFERÊNCIAS

- Amarego, E.J.A., Smith, A.J.R., and Wang, J., 1993, Constrained Optimization Strategies and CAM Software for Single-pass Peripheral Milling, International Journal of Production Research, Vol.32, nº9, pp. 2139-2160
- Cota, F., Queiroz, A., e Vila, E., 1993, Usinagens de Cavidades em Formas Arbitrárias em Máquinas Ferramentas com Comando Numérico, XII COBEM, Brasília, pp.1599-1602
- Cota, F., 1995, Otimização de Macros de Fresamentos Aplicados a Máquinas Ferramentas com Comando Numérico, Tese de Doutorado, USP/São Carlos, Engenharia Mecânica
- Cota, F., e Vila, E., 1995, Otimização de Cavidades em Formas “Arbitrárias”, XIII COBEM, Brasília
- Deshmukh, A., and Wang, H.P., 1993, Tool Path Planning for NC Milling of Convex Polygonal Faces: Minimisation of Non-Cutting Area, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol.8, pag. 17-24
- Lakkaraju, R. L., Raman, S. and Irani, S., 1992, An analytical model for optimization of NC tool cutting path, International Journal of Production Research, vol. 30, nº 1
- Wang, H.P. and Wysk, R.A., 1986, An Expert System for Machining Data Selection, Computer & Industry Engineering, vol. 10, nº 2, pp 99-107
- Wang, H., Chang, H., Wysk, R. and Chandawarkar, A., 1987, On the Efficiency of NC Tool Path Planning for Face Milling Operations, Transactions of the ASME, Vol.109, pp. 370-376, november
- Wang, H., Chang, H. and Wysk, R., 1988, An Analytical Approach to Optimize NC Tool Path Planning for Face Milling Flat Convex Polygonal Surfaces, IIE Transactions, vol. 20, nº 3, pp 325-332, september
- Zambor-Murray, P.J. and Linder, K., 1988, On the Construction of Constrained Circles, na Unified Approach, New Trends in Computer Graphics, Proceedings of CG International 88, pp.417-425

NUMERICAL CONTROL TOOL CHOICE AND TOOL PATH OPTIMIZATION FOR MILLING OPERATIONS

Abstract. *This research work presents two algorithms for cutting tool choice, developed for Numerical Control (NC) software applications in milling machining macros. The algorithms define the best cutting tools in order to optimize a milling operation of a flat surface, defined by a convex polygon. The surface can be defined by the polygon vertices or by the mathematical equations of the straight line segments that constitute the sides of the flat surface. The PSURF3 algorithm utilizes the circumcentre concept, and the longest distances between the surface vertices, to choose the milling cutting tool diameter that machine the whole surface as far as a specific point be reached. The same idea of using the greatest cutting tool diameter is adopted in the PSURF4 algorithm, which allows the surface to be machined in a single pass, directing the tool in a path equidistant of the inicial surface contour.*

Keywords: Face Milling, Select Mills, Tool Path