



15° Congresso de Iniciação Científica

ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS DE CORTE PARA MANUFATURA DE SUPERFÍCIES COMPLEXAS COM ALTA VELOCIDADE

Autor(es)

MÁRCIO TEIXEIRA FERNANDES

Orientador(es)

Klaus Schützer

Apoio Financeiro

FAPIC

1. Introdução

Com o constante avanço da economia mundial, a busca de novas Tecnologias voltadas ao desenvolvimento do produto tornou-se primordial para a manutenção da competitividade na indústria de moldes e matrizes. Dentre estas Tecnologias a que vem recebendo maior destaque nos últimos anos, devido aos benefícios proporcionados ao ciclo de vida do produto, é a tecnologia HSC. Utilizando-se de altas velocidades de rotação e avanço, e de pequenas profundidades de corte, este tipo de usinagem garante ao produto final melhor qualidade superficial e dimensional, além de reduzir consideravelmente os tempos envolvidos na cadeia produtiva (Oliveira, et al, 2003). Outra grande vantagem relacionada a este método de usinagem, é a possibilidade de se trabalhar com pequenas forças de corte, possibilitando usinagem de paredes finas, antes só possíveis de serem usinadas através do processo de eletroerosão (Schützer, et al, 2003). No entanto para atingir estes objetivos torna-se necessário analisar os mais diversos fatores que contribuem para determinação do melhor processo de usinagem HSC, tais como, ferramentas de corte, métodos de interpolação da trajetória de ferramenta, estratégias de corte, etc (Oliveira, et al, 2003). Pode-se dizer que dentro desta vertente a estratégia de corte representa uma das principais tecnologias relacionadas ao conceito HSC. Sua funcionalidade consiste em determinar a trajetória da ferramenta em cada operação de usinagem. A escolha correta da estratégia de corte esta intimamente ligada ao grau de curvatura da superfície utilizada, exigindo assim amplo conhecimento por parte do programador para determinar qual estratégia realmente se adapta a determinada geometria. Entretanto quando bem aplicada a estratégia de corte influencia positivamente nas características finais do produto como, tempo de usinagem, acabamento superficial e exatidão geométrica (Pereira, et al, 2006). Os Sistemas CAM atuais disponibilizam uma série de estratégias, cabendo assim ao programador identificar qual delas se adapta melhor a superfície em que se deseja trabalhar. A seguir são demonstrados alguns dos principais tipos de estratégias de corte:

Zig/Raster É linear e unidirecional. Sua aplicação é mais voltada a modelos retangulares, sendo que sua trajetória é descrita através da projeção de linhas paralelas entre si na superfície a ser usinada (Ramos, 2003). Este tipo de trajetória garante alta qualidade superficial a superfícies simples, no entanto tem a desvantagem de apresentar uma considerável quantidade de tempo não produtivo devido ao retorno da ferramenta de corte (Choy, 2003). Zig - Zag É semelhante a estratégia Raster, no entanto a remoção de material ocorre em ambas as direções, eliminando assim o tempo inativo da ferramenta. A desvantagem deste método é que a remoção de material nas duas direções alternadamente causa trepidações na máquina ferramenta, comprometendo assim a qualidade superficial e reduzindo a vida útil da ferramenta (Choy, 2003). Radial Lines Esta estratégia é semelhante a Zig-Zag, porém é determinado um ponto central por onde partirá a trajetória da ferramenta (Pereira, 2004). Follow Periphery/3D Offset Se distingue das demais por apresentar passo lateral constante devido a trajetória da ferramenta ser baseada em offset's do modelo geométrico. É muito utilizada em peças que apresentam geometrias complexas, tanto nas operações de desbaste como nas de pré-acabamento e acabamento. A Figura 1 demonstra 3 diferentes tipos de estratégias de corte sendo aplicadas na operação de acabamento de uma hélice.

2. Objetivos

Este projeto de iniciação científica visa a capacitação na cadeia de desenvolvimento do produto utilizando para isto, um Sistema CAD/CAM na geração dos programas NC para a máquina CNC e o conhecimento prático das estratégias de usinagem para manufatura de superfícies complexas. Entre os objetivos específicos destacam-se:

- Adquirir o conhecimento necessário para o modelamento de superfícies complexas através da utilização do Sistema CAD modelador de superfícies;
- Adquirir conhecimento necessário para a geração de programas NC através do Sistema CAM;
- Definir um corpo de Prova padrão para os ensaios de usinagem;
- Estudar diferentes estratégias de corte através da usinagem do corpo de prova.

3. Desenvolvimento

Para obtenção de conhecimento no processo de modelamento e manufatura foi necessário primeiramente realizar um treinamento nos Sistemas CAD e CAM. Para isto foi utilizado o tutorial do próprio software e também apostilas didáticas desenvolvidas pelo SCPM. Durante este treinamento diversas peças foram modeladas no Sistema CAD, sendo que para algumas delas foi feita a programação CAM. Após um período inicial de treinamento, passou-se a se dedicar ao estudo de estratégias de corte, neste período foram realizadas várias simulações de usinagem no próprio software, tendo como parâmetros de comparação o tempo e o sobremetal simulados pelo software. Após a usinagem dos corpos de prova, foram realizadas algumas comparações das estratégias de corte adotadas. As análises foram feitas com base no aspecto superficial e nos tempos de usinagem. Para efeito de comparação e validação dos resultados foram definidas diferentes abordagens de estratégias para cada uma das quatro cavidades. Também foi realizado estudo de rugosidade para definição da melhor ferramenta. Através deste estudo foi possível constatar que ferramentas esféricas com diâmetros maiores apresentavam melhor rugosidade superficial, sendo assim optou-se por utilizar uma ferramenta com o maior diâmetro possível para o acabamento das cavidades. Para a cavidade 1, foi utilizada a estratégia Zig-Zag com 90 graus de inclinação em relação ao eixo x, ou seja, no sentido transversal a geometria da cavidade. Para cavidade 2 utilizou-se também a estratégia Zig-Zag, no entanto neste caso foi feita no sentido longitudinal a geometria da cavidade. Para a cavidade 3, foi utilizada a estratégia Follow Periphery, que é caracterizada por descrever sua trajetória baseado-se em offset's da geometria. Para cavidade 4, foram utilizadas duas estratégias, Follow Periphery para regiões que apresentassem grau de inclinação maior que 25 graus, e Zig-Zag para regiões que apresentassem grau de inclinação menor que 25 graus. Os parâmetros utilizados para usinagem das quatro cavidades foram os seguintes:

- Rotação do eixo árvore: 10000 min⁻¹;
- Velocidade de avanço (vf): 3000 mm/min;
- Velocidade de corte (vc): 376 m/min;
- Avanço por aresta (fz): 0,15 mm;
- Espessura de corte: 0,2 mm
- Sobremetal: 0 mm;
- Diâmetro da ferramenta: 12 mm;
- Arestas de corte: 2;

A usinagem foi realizada em um centro de usinagem Discovery 760, que apresenta as seguintes especificações técnicas:

· rotação máxima: 10000 min-1; · avanço rápido : 25000 mm/min; · máximo avanço programável: 5000 mm/min; Comando Siemens 810D, configurado especialmente para o SCPM-UNIMEP, permitindo além de sua configuração standard, características adicionais como: execução de funções Splines e interface para ethernet.

4. Resultados

4.1 Análise dos tempos de usinagem do corpo de prova Na usinagem dos corpos de prova foram utilizadas as operações de desbaste, pré-acabamento e acabamento. Para operação de desbaste procurou-se obter grande remoção de cavaco em um menor tempo possível. Para a operação de pré-acabamento objetivou-se a uniformização do sobremetal restante da operação de desbaste. Os tempos obtidos nas operações de acabamento são descritos na Tabela 1. 4.2 Aspecto Superficial A seguir serão demonstrados os resultados obtidos através da análise do corpo de prova usinado, visualizado na figura 2. · Cavity 1 Para a cavidade 1, foi utilizada a estratégia Zig-Zag com 90 graus em relação ao eixo x, observou-se neste ensaio que a usinagem relativa estratégia Zig-Zag 90° apresentou acabamento superficial razoável, com grande uniformidade ao longo da peça. Pelo fato da trajetória ser descrita na região frontal a superfície com maior grau de inclinação, esta trajetória se mostrou mais eficiente que a Zig-Zag 0° aplicada na cavidade 2, no entanto a real eficiência desta estratégia ficou comprometida por apresentar um tempo de usinagem bem superior às demais estratégias estudadas. · Cavity 2 Na cavidade 2 também foi aplicada a estratégia Zig-Zag, porém a trajetória foi descrita no sentido longitudinal da cavidade. Através deste ensaio foi possível observar que as regiões com grande grau inclinação não apresentaram boa qualidade superficial. No entanto na região inferior da cavidade onde a superfície apresenta pouca inclinação a estratégia se mostrou eficiente, resultando em um bom acabamento superficial. · Cavity 3 A trajetória escolhida para a terceira cavidade é conhecida como Follow Periphery sendo caracterizada por descrever sua trajetória baseado-se em offset's da geometria. Esta estratégia mostrou-se superior as analisadas anteriormente apresentando acabamento superficial satisfatório, tanto nas superfícies com pouco grau de inclinação, quanto nas superfícies com elevado grau de inclinação. · Cavity 4 A última usinagem analisada foi composta por duas estratégias de corte. Nas regiões com inclinação menor que 25 graus a trajetória utilizada foi a Zig-Zag, já nas regiões onde a inclinação era superior a 25 graus utilizou-se a trajetória Follow Periphery. Dentre os 4 ensaios realizados este foi o que atingiu melhor acabamento superficial, apresentando bom acabamento superficial em toda geometria. Apesar de apresentar um tempo de usinagem maior que as cavidades 2 e 3 o acabamento foi bem superior, tornando-a assim a mais eficiente para a geometria estudada.

5. Considerações Finais

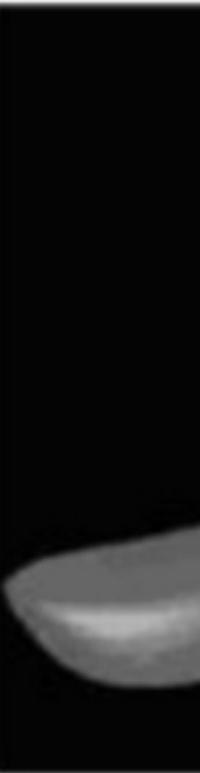
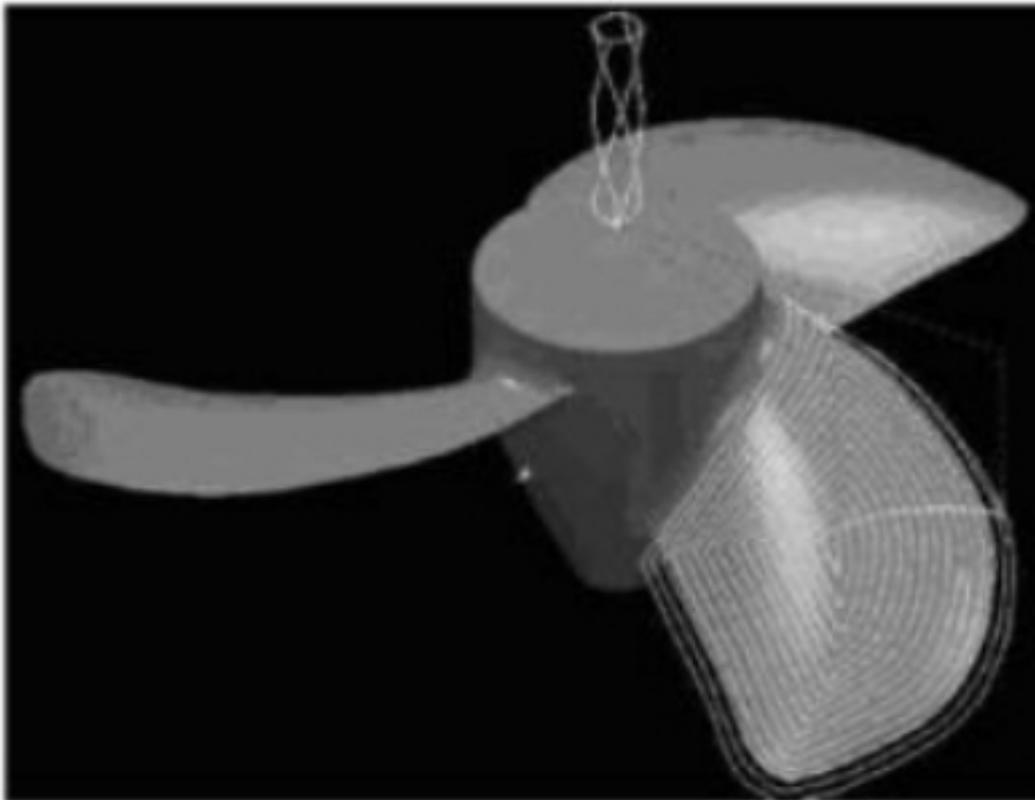
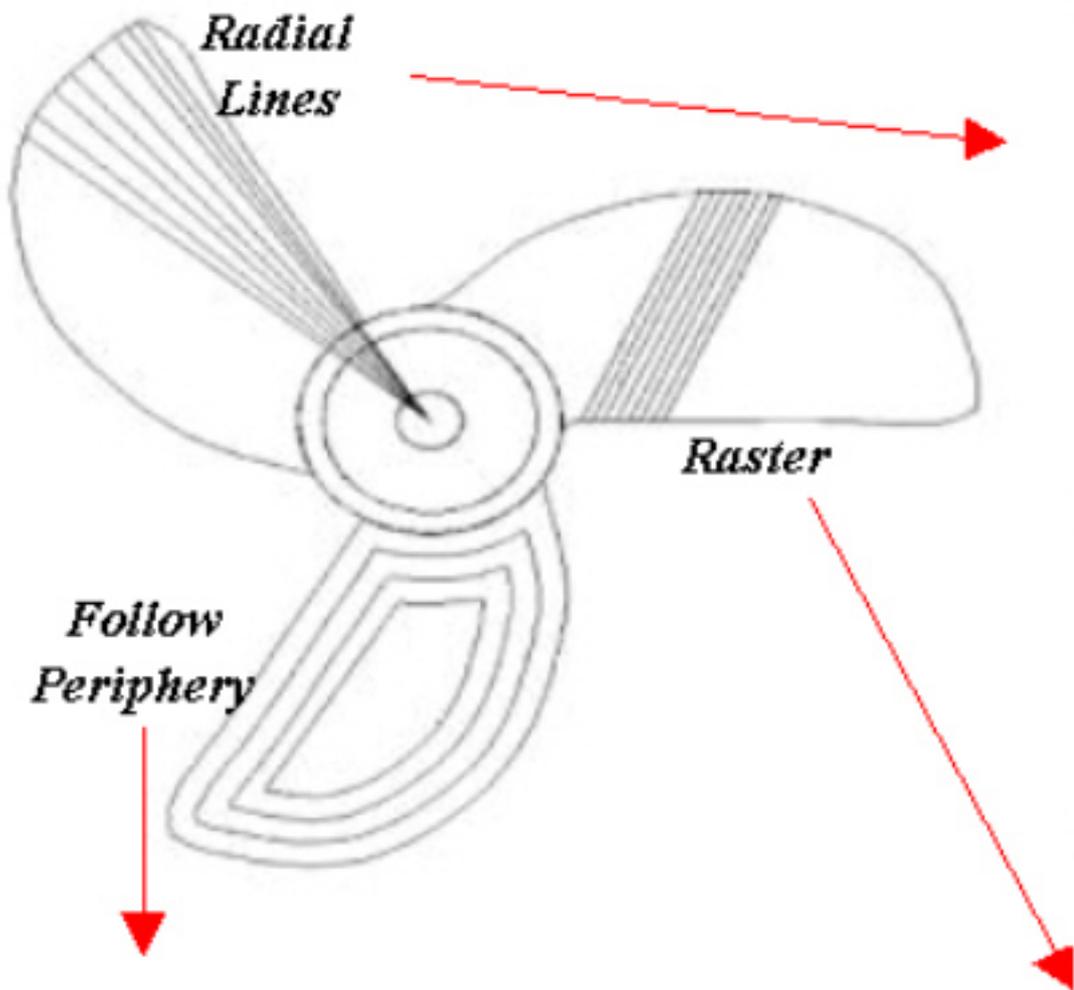
No decorrer deste projeto adquiriu-se conhecimento teórico a respeito da cadeia CAD/CAM/CNC voltada à manufatura em altas velocidades. Também foi possível entender com maior clareza a influência que as estratégias de corte exercem nas características finais do produto como tempo de usinagem e acabamento superficial. A obtenção deste conhecimento deve-se a ampla pesquisa bibliográfica realizada sobre o assunto em artigos e livros. Após a realização da pesquisa bibliográfica foi realizada a capacitação em Sistemas CAD/CAM, o objetivo desta etapa foi aplicar na prática tudo o que havia sido visto anteriormente na teoria. Inicialmente foi realizada a capacitação no Sistema CAD Unigraphics NX, utilizando para isto o tutorial disponível no próprio software. Nesta etapa foram modeladas várias peças visando aplicar o conhecimento adquirido no tutorial do software em problemas reais. Uma vez realizado o treinamento em Sistemas CAD foi então iniciado o treinamento em Sistemas CAM também com o software Unigraphics NX. Para este treinamento utilizou-se apostilas elaboradas pelo Laboratório de Sistemas Computacionais para Projeto e Manufatura tendo sempre como foco principal a escolha de estratégias de corte. Posteriormente a esta fase de treinamento foi definido qual seria o corpo de prova utilizado, sendo em seguida gerado o processo de manufatura para o modelo com as respectivas estratégias de corte estipuladas para a análise. A última etapa englobou manufatura do corpo de prova e as análises de tempo e qualidade superficial no mesmo. Com relação ao tempo de usinagem nas operações de acabamento, verificou-se que a estratégias

aplicadas a cavidade 2, 3 e 4 apresentaram bons tempos, ficando muito próximas do tempo de usinagem simulado pelo software. No entanto a estratégia aplicada a cavidade 1 apresentou tempo de usinagem bem superior ao tempo simulado. Isto ocorreu pelo fato da trajetória ser composta por vários segmentos de retas de pequenas dimensões, resultando assim em uma velocidade real de avanço bem inferior à velocidade programada. Com relação a qualidade superficial, verificou-se que a estratégia Zig Zag apresenta acabamento satisfatório em superfícies planas ou com pouca inclinação, e também em superfícies inclinadas onde a sentido da trajetória da ferramenta é frontal a inclinação. Isto foi possível de se verificar através da análise visual das cavidades 1 e 2. Observou-se também por meio da análise da cavidade 3 que a estratégia Follow Periphery mostrou-se bastante eficiente apresentando qualidade superficial satisfatória e baixo tempo de usinagem. No entanto a cavidade que apresentou a melhor relação qualidade superficial por tempo de usinagem foi a estratégia otimizada (Follow Periphery + Zig Zag), utilizada na cavidade 4. Neste ensaio obteve-se a melhor qualidade superficial e um tempo de usinagem aceitável.

Referências Bibliográficas

- Choy, H.S ; Chan, K.W : A corner-looping based tool path for pocket milling. **CAD Computer Aided Design**, v 35, n 2, February, 2003, p 155-166.
- Oliveira, F.G. et al : **Usinagem em Altíssimas Velocidades**. São Paulo: Editora Érica, 2003. 214 p.
- Pereira, S.C. et al : The influence of the manufacturing strategy on the production of molds and die. **Journal of Materials Processing Technology**, v 179, n 1-3, Oct 20, 2006, p 172-177.
- Pereira, S.C : **Capacitação em modelamento e manufatura de sólidos utilizando o sistema CAD/CAM**. Relatório científico. Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'Oeste, 2004.
- Ramos, A.M : The influence of finishing milling strategies on texture, roughness and dimensional deviations on the machining of complex surfaces. **Journal of Materials Processing Technology**, v 136, n 1-3, May 10, 2003, p 209-216.
- Schützer, K. et al.: **Usinagem em Altíssimas Velocidades**. São Paulo: Editora Érica, 2003. 214 p.

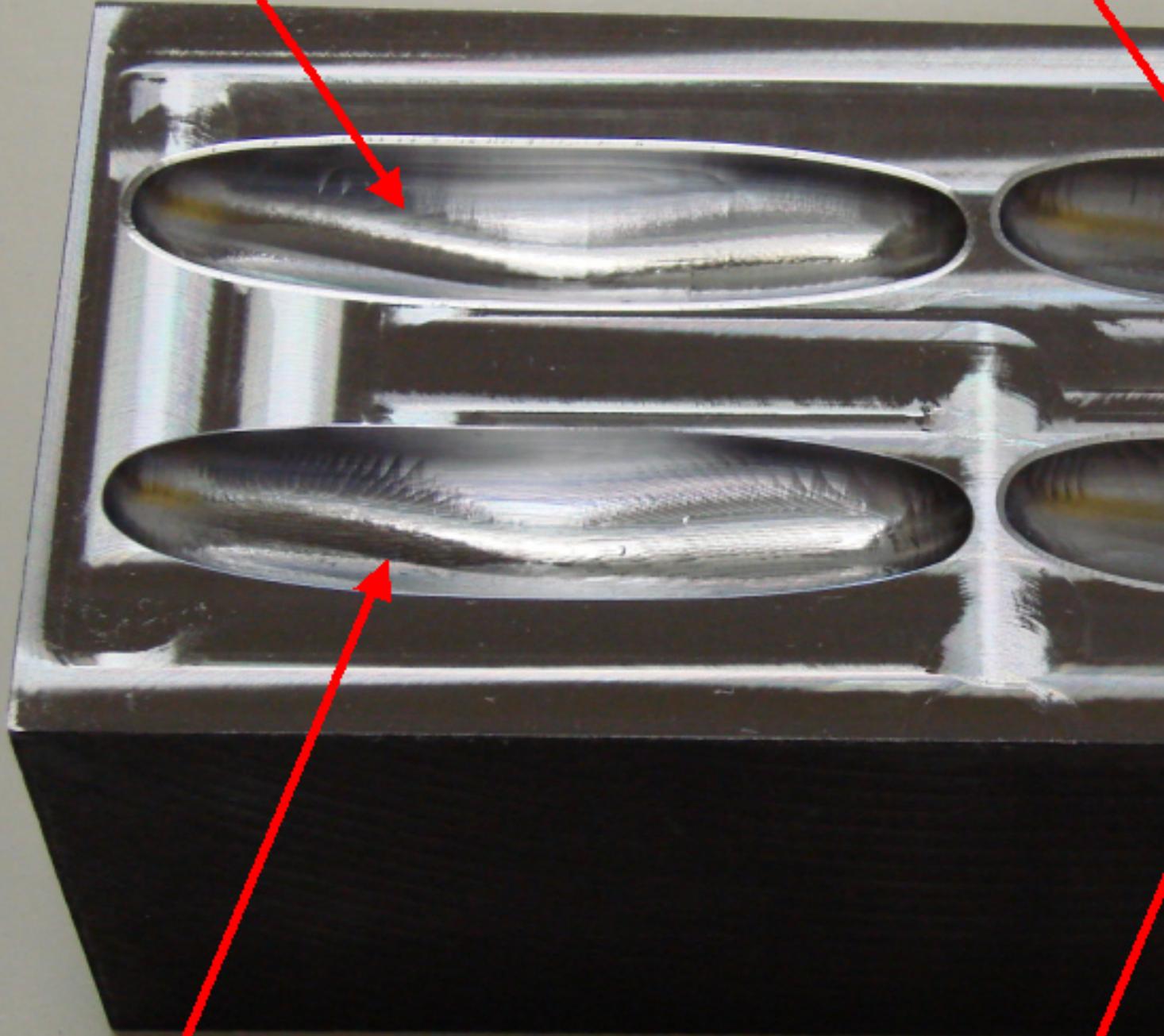
Anexos



	Acabamento 1	Acabame
Estratégia	<i>Zig-Zag 90°</i>	<i>Zig-Za</i>
Tempo Simulado	5min08s	3min2
Temo Real	8min	3min3

Zig-Zag + Follow Periphery

Zig-Z



Follow Periphery

Zig-Z