

MODELAGEM DE SITUAÇÕES DE COLISÃO FERRAMENTA/PEÇA/MÁQUINA/FIXAÇÃO NO PROCESSO DE TORNEAMENTO

Nilson Luiz Maziero

E-mail: nlm@upf.br

Luiz Airton Consalter

E-mail: lac@upf.br

Cleber Luiz Oro

Vicente Bergamini Puglia

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Campus I, BR 285 km 171, CEP 99001-970, Passo Fundo/RS, Brasil.

Resumo. *A determinação automática das trajetórias de ferramentas na usinagem CNC não está isenta da ocorrência de problemas de colisão entre ferramenta/peça/máquina/fixação, a menos que se dê devida atenção para isso. Neste sentido, o presente trabalho se propõe a analisar situações de colisão no processo de torneamento e propor um modelo de solução. A partir de uma peça composta por features-eixo e por features-ranhura, a análise é feita sobre operações de torneamento externo, sangramento e faceamento. Diversas situações de colisão são definidas em forma de regras, de maneira que possam ser implementadas em sistema computacional e inseridas nos programas de simulação de percursos de ferramentas. Um exemplo é apresentado para ilustração e validação do modelo.*

Palavras-chave: *Colisão no torneamento, features, simulação de trajetórias*

1. INTRODUÇÃO

Ultimamente os processos de usinagem têm sido requeridos para a fabricação de peças cada vez mais complexas e precisas. Nesse contexto, a usinagem em máquinas CNC tem proporcionado grandes benefícios em termos técnicos e econômicos, sobretudo através da eficiência e da precisão obtidas no processo, desde que problemas sérios de colisão entre partes do conjunto ferramenta-máquina-peça-fixação (FMPF) sejam detectados com antecedência e, então evitados. A análise visual de interferências nesse conjunto por si só não é segura, uma vez que pequenos detalhes muitas vezes imperceptíveis, como o contato de uma aresta secundária de corte com a superfície já usinada da peça, pode representar uma colisão com sérias conseqüências para a fabricação. Situações de colisão dessa natureza ainda são problemáticas, principalmente quando há necessidade de controle numérico de vários eixos da máquina. Isto implica na conveniência da aplicação de *softwares* que incorporem técnicas de verificação de percursos de ferramentas para prevenção de colisões através de simulação.

Atualmente o planejamento da usinagem conta com o auxílio de sistemas CAM para a geração de percursos de ferramentas, incluindo verificação de colisões e otimização de percursos. No entanto, muitas vezes esses softwares não são configurados ou não têm recurso para evitar colisões

em situações particulares do processo e da ferramenta, como as interações entre geometria e dimensões da ferramenta e o perfil da peça ou com a torre da máquina e o dispositivo de fixação da peça. Conseqüentemente, torna-se necessário um método de detecção de colisões que leve em consideração todas as características e parâmetros envolvidos numa determinada operação de usinagem e, sobretudo, esteja inserido no mesmo algoritmo que gera os percursos da ferramenta.

O presente trabalho está direcionado ao processo de torneamento e busca identificar situações de colisão e modelar regras para uma usinagem segura, que possam ser simuladas concomitantemente à execução do programa CNC. Especificamente, o problema de colisão é tratado neste trabalho a partir de um modelo onde o conjunto FMPF é representado através de *features*. A peça em análise é composta pelas *features* eixo e ranhura, sobre as quais são aplicadas operações de torneamento externo, faceamento e sangramento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Vários métodos têm sido estudados com a finalidade de prever e evitar a colisão. Para Chen & Hinduja⁽¹⁾, a seleção de ferramentas para operação de torneamento deve ter em conta a geometria da ferramenta para não interferir com a peça e a máquina. E que a verificação destas informações deve fornecer respostas para alguns itens como:

- Verificar se a ferramenta não interfere com a peça ou com a máquina, e se ocorrer, onde ocorre.
- Quando a interferência ocorre, somente um trecho da usinagem pode ser feita. O sistema deve ser capaz de determinar a região que não pode ser usinada. Esta informação deve ser capaz de ajudar a selecionar outra ferramenta (ou ferramentas) para completar a operação.
- O comprimento da ferramenta interfere na estabilidade, e ferramentas curtas são preferíveis. Por outro lado, a ferramenta deve ser longa o suficiente para satisfazer a operação. Contudo, o mínimo comprimento deve ser conhecido.

O método utilizado por Chen & Hinduja⁽¹⁾ para detectar a colisão de ferramentas é baseado na interferência da ferramenta contra a peça e a máquina, determinando os locais onde há uma área de interferência da ferramenta e da máquina. Ele leva em conta não somente a geometria da ferramenta e da peça, mas das superfícies da peça e da torre de ferramentas. A interferência pode ser verificada pela direção do ângulo dos elementos da ferramenta e do contorno da peça. Quando a interferência é detectada, localiza a área exata que a ferramenta não usinou. O método é interativo sendo que a ferramenta e os elementos são checados novamente a cada vez. Isto envolve um grande trabalho computacional para peças de geometria complexa.

Ngoi et al⁽²⁾ utilizam-se de um modelo semelhante a decomposição-celular para representar uma peça para análise com relação a colisão entre ferramenta, peça e máquina no processo de torneamento. Ele descreve a peça através de uma matriz do espaço. As três dimensões são tratadas como uma matriz de duas dimensões que representam uma seção da peça, representando o contorno. Através da análise destas matrizes, resulta uma matriz que representa as interferências entre a peça/ferramenta e outra entre ferramenta/castanhas. Estas matrizes são analisadas resultando numa matriz onde as colisões podem ser identificadas e eliminadas.

Morishige et al⁽³⁾ estudaram e desenvolveram um método para evitar colisões em usinagem CNC de 5 eixos, através da determinação das direções livres mapeadas em um espaço bi-dimensional (*C-space*) por dois parâmetros que representam a atuação da ferramenta. Para cada ponto que a colisão é detectada, a representação da relação entre a ferramenta e o anteparo é obtida em um modelo geométrico 3D, tendo-se, assim, um método analítico de detecção automática de colisões.

Também voltados para usinagem CNC de 5 eixos, Ilushin et al⁽⁴⁾ desenvolveram um algoritmo para detecção e prevenção de colisões considerando componentes da máquina, dispositivos de fixação de peças, além da ferramenta e da própria peça. Os autores basearam-se na simetria axial de ferramentas rotativas para definir algoritmos de interseções precisas entre entidades (ferramenta e objetos), que

combinados com uma estrutura de dados possibilitam processamento computacional eficiente e em estágios subseqüentemente para os diversos percursos de ferramenta a serem verificados.

Para a escolha de ferramentas para usinagem, Rezende⁽⁵⁾ utilizou-se de um sistema especialista para identificar as features existentes na peça e relacioná-las com as ferramentas que podem efetuar a operação de usinagem. De acordo com as features da peça, há um conjunto de ferramentas que podem executar as operações. Além de escolher as ferramentas, identifica-se em quais features vão atuar.

Para representar as informações geométricas e tecnológicas para um sistema CAPP, Maziero⁽⁶⁾ e Maziero⁽⁷⁾, desenvolveu o FeatCAD-2D⁽⁸⁾ que permite representar features, as quais podem ser utilizadas para planejamento de processos. Neste sistema, as *features* estão estruturadas de modo a representar uma peça, ou um conjunto de peças. O sistema utilizado para representar as informações é *feature-based*, o qual trabalha a partir de formas pré-determinadas que são inseridas criando a representação de uma peça.

Maziero & Nascimento⁽⁹⁾, apresenta os conceitos iniciais para a geração automática da trajetória de ferramenta de desbaste e acabamento para peças que possuem um único sentido de escalonamento. Este artigo demonstra a viabilidade da geração automática da trajetória de ferramentas a partir da utilização de *features*. O programa CNC é gerado de forma independente dos conhecimentos do usuário.

3. CONCEITUAÇÃO DO PROBLEMA

No processo de torneamento, durante o deslocamento da ferramenta esta pode colidir com a peça, ou com componentes da máquina e do dispositivo de fixação da peça. A colisão entre a ferramenta e esses elementos pode ser devido às informações erradas sobre suas dimensões e geometria e posicionamentos, que não combinam com as informações usadas no programa. Também pode ser motivada pelo uso de uma ferramenta selecionada erradamente, com formato e acessibilidade inadequados para a operação. Assim, pode acontecer da ferramenta se aproximar e encontrar a peça antes do ponto programado, começando a usinar quando ainda se encontra em deslocamento rápido e não a com a velocidade de avanço programada para usinar a peça. Ou simplesmente ocorrer a colisão do porta-ferramentas com a peça, provocando danos em ambos.

Outros erros podem ser decorrentes do posicionamento da peça na placa do torno; que podem ser evitados com a conferência da peça utilizada e as informações do processo de referenciamento no momento da fixação (peças fundidas necessitam de usinagem na superfície de fixação).

A colisão de trajetória, conforme ilustrado na Figura 1-a, pode ocorrer em função de a ferramenta ser maior que o espaço de deslocamento durante os movimentos de posicionamento, bem como a falta de identificação de um volume da peça a não ser usinado no momento daquele passe e que se transforma num obstáculo. Da mesma forma, este tipo de colisão pode ocorrer entre a ferramenta e alguma parte da máquina ou do dispositivo de fixação da peça, também não identificada no programa CNC.

A colisão de interferência, mostrado na Figura 1-b, é resultante do movimento de usinagem, onde as arestas cortantes ou partes da ferramenta atingem outras superfícies em função do movimento de avanço, provocando uma usinagem errada da peça. Nesta situação, parte da ferramenta pode efetuar uma trajetória paralela à aresta de corte, atingindo outras partes da peça e efetuando um corte indevido.

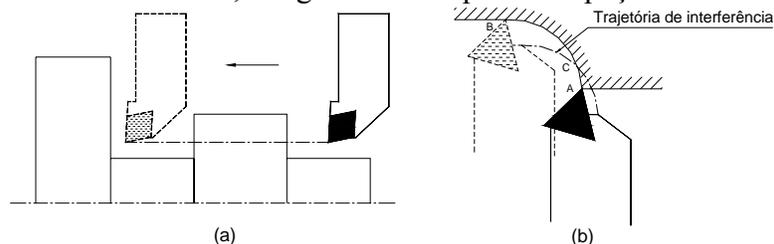


Figura 1. (a) Trajetória de colisão; (b) Trajetória de interferência ⁽¹⁾

4. MODELAMENTO DO PROBLEMA E DA SOLUÇÃO

O problema em estudo e sua solução estão contextualizados no processo de torneamento, envolvendo as operações de faceamento, de sangramento e de torneamento externo com reentrâncias⁽⁸⁾.

O desenvolvimento da solução está baseado na metodologia de orientação à objetos e as ferramentas envolvidas são caracterizadas através de chaves de códigos segundo a norma ISO 5608:1989 para porta-ferramentas e ISO 1832:1985 para pastilhas (SANDVIK (10)). As informações codificadas representam formatos, dimensões, posições, geometria, fixação, etc. Além das informações normalizadas, algumas outras são necessárias para fazer o modelamento em questão, como a direção de avanço, representada na Figura 2-a e o comprimento da cabeça do porta-ferramentas L3 de uma ferramenta de torneamento externo, conforme indicado na Figura 2-b.

As direções de avanço da ferramenta representadas na figura 3 são referenciadas através de um dos números nas extremidades nas retas. As direções 1, 3, 5 e 7 são direções ortogonais e correspondem exatamente às linhas indicadas, enquanto as direções 2, 4, 6 e 8 são direções oblíquas que correspondem às posições angulares entre duas direções ortogonais.

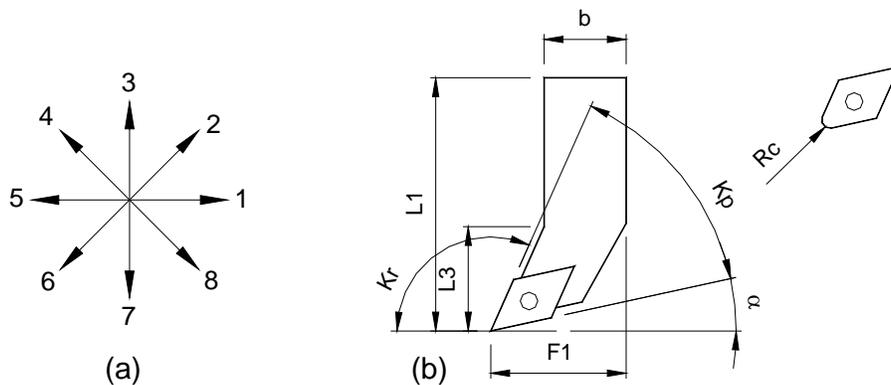


Figura 2. (a) Referência para direções de avanço; (b) Ferramenta de torneamento externo

Outras informações de interesse ao modelamento do problema e sua solução podem ser vistas na Figura 3, que corresponde ao desenho esquemático de uma ferramenta de sangrar ou de ranhurar, também conhecida por bedame. Neste caso, alguns novos atributos devem ser introduzidos como: máxima profundidade de corte do bedame (a_r) e versão (direita ou esquerda).

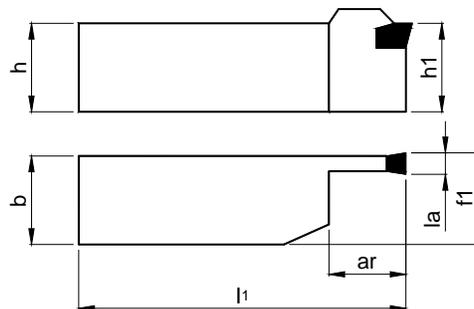
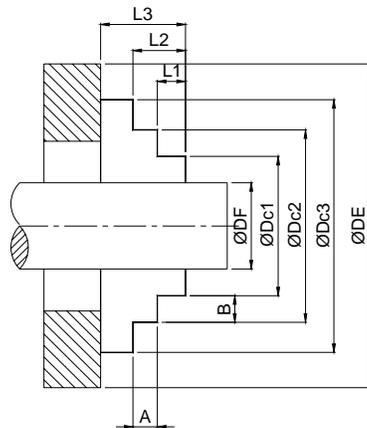


Figura 3. Ferramenta de sangrar/bedame

No que se refere à placa autocentrante para a fixação da peça, são considerados os atributos mostrados e listados na Figura 4:



ATRIBUTOS:

DF: Diâmetro da peça a fixar.

DE: Diâmetro externo da placa.

A: Saliência horizontal da castanha.

B: Saliência vertical da castanha.

$L1 = A$

$L2 = 2 \cdot A$

$L3 = 3 \cdot A$

$Dc1 = DF + (2 \cdot B)$

$Dc2 = DF + (4 \cdot B)$

$Dc3 = DF + (6 \cdot B)$

Figura 4. Atributos da placa para análise de colisão

4.1. Verificação de colisão no sangramento / ranhuramento

Para a operação de sangramento, com ferramenta tipo bedame, uma das condições de uso é a máxima profundidade de corte (a_r), o qual define a profundidade que a ferramenta pode penetrar na peça sem que ocorra colisão/interferência. Se a dimensão a_r for menor que o raio da peça ($D/2$), o suporte da ferramenta irá colidir com a peça. Para que isso não ocorra, é necessário acrescentar uma distância de segurança denominada de DA (figura 5).

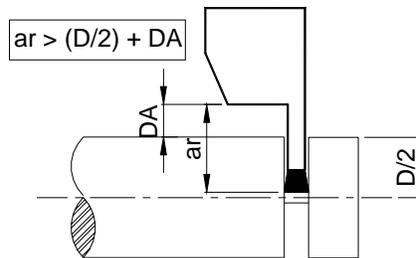


Figura 5. Condição da não ocorrência de colisão ferramenta peça co sangramento

Para que possa ser escolhida uma ferramenta e efetuada a verificação das suas características, essas devem estar cadastradas no sistema. Isto é feito através de uma estrutura de dados em listas, juntamente com a metodologia de orientação para objeto.

Deste modo, são descritas as principais características de cada ferramenta numa estrutura lógica. Através destas características as ferramentas podem ser identificadas frente às situações críticas.

Como resultado da análise da figura 6, pode-se obter uma regra que define a condição geométrica para uma ferramenta de sangrar utilizada num eixo de diâmetro conhecido, como descrito a seguir:

• Regra de condição geral para bedame:

SE => ((bedame = direito) ou (bedame = esquerdo)) & ($a_r - DA$) > $D/2$ & (direção de corte = 7)

ENTÃO => Eixo pode ser sangrado

Esta regra considera apenas um eixo, e a ferramenta está a uma distância segura da placa do torno, para que não ocorra colisão.

Outra situação de colisão é quando a ferramenta está muito próxima da placa do torno, como pode ser visto na Figura 6. Assim, é definida uma distância DE de segurança para evitar a colisão do porta-ferramenta com as castanhas da placa e a distância D da placa ao ponto de referência da peça.

Esta condição implica que a ferramenta estará sempre a uma distância DE da extremidade da placa. Em função da ferramenta escolhida, a posição da peça pode ser alterada, deslocando-se a barra para a direita até obter a distância DE necessária.

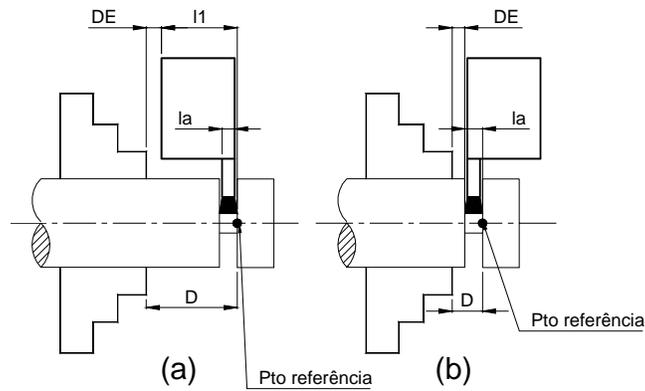


Figura 6. Distância de segurança com relação à placa: (a) bedame esquerdo; (b) bedame direito

Para que não ocorra a colisão da ferramenta com a placa, é necessário determinar a posição da aresta de corte lateral, levando em conta os parâmetros DE, b e l_a (figura 7-a). Na figura 8-b leva-se em conta o parâmetro DE, para não haver a possibilidade da colisão do porta-ferramenta com a placa.

Têm-se, assim, as seguintes regras referentes às operações de sangramento mostradas na Figura 7:

- Regra de verificação de colisão bedame esquerdo-peça- face das castanhas:
 $SE \Rightarrow (\text{bedame} = \text{esquerdo}) \ \& \ ((a_r - DA) > D/2) \ \& \ ((DE + l_1) \geq D) \ \& \ (\text{direção de corte} = 7)$
 ENTÃO \Rightarrow Eixo pode ser sangrado
- Regra de verificação de colisão bedame direito-peça-face das castanhas:
 $SE \Rightarrow (\text{bedame} = \text{direito}) \ \& \ ((a_r - DA) > D/2) \ \& \ ((DE + l_a) \geq D) \ \& \ (\text{direção de corte} = 7)$
 ENTÃO \Rightarrow Eixo pode ser sangrado

Na figura 9-a é considerada a dimensão a_r da ferramenta, a ser analisada com relação às dimensões da placa de modo à ferramenta não se sobrepor à placa.

Quando o corte é sobreposto à placa deve-se levar em conta os diâmetros de volteio das castanhas (figuras 4 e 7-a). Respeitadas as medidas de segurança DE e DA que estão relacionadas com as castanhas da placa, pode-se então evitar a colisão. Ao mesmo tempo, a distância l_1 deve ser verificada, pois dela depende a posição da ferramenta para um corte com segurança.

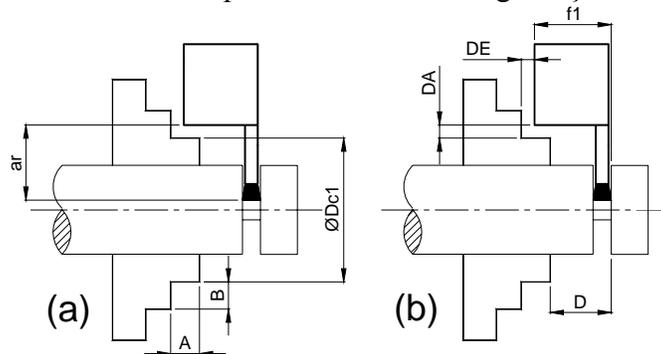


Figura 7. Posição da ferramenta de sangrar com relação à placa de fixação

Considerando que o diâmetro de volteio das castanhas que pode interferir é $\varnothing D_{c1}$ (figura 4), pode-se concluir que $a_r > \varnothing D_{c1}/2 + DA$ e deste modo a ferramenta não tocará na placa.

O estudo para evitar a colisão do bedame com a placa pode ser feito antes de posicionar a peça em relação à placa, verificando-se de antemão a versão do bedame, as dimensões e a posição da superfície a ser cortada em relação à placa.

Assim, a regra para que um dado bedame possa ser usado sem que haja colisão com as castanhas da placa de fixação de peças é a seguinte:

- Regra de verificação de colisão bedame esquerdo- volteio das castanhas:

SE => (bedame = esquerdo) & (($a_r - DA$) > $D_{c1}/2$) & (($DE + f1 - A$) >= D) & (direção de corte = 7)
 ENTÃO => Eixo pode ser sangrado

Nas operações de ranhuramento pode ocorrer colisão entre a ferramenta e a peça. Para isso, deve-se investigar a forma geométrica da peça, ou seja, quais as *features* que compõem a peça e quais são as *features* vizinhas (em ambos os lados) da ranhura e suas respectivas dimensões.

Na figura 8 estão as dimensões a serem controladas para posicionar a ferramenta, onde \varnothing Feat1 e \varnothing Feat2 (diâmetros da *feature* eixo), devem ser relacionados com a distância a_r da ferramenta.

A ranhura está localizada sobre uma *feature* eixo (Feat1) que possui como vizinha uma outra *feature* eixo de maior diâmetro (Feat4) e uma de menor diâmetro (Feat2). Logo, a dimensão a_r deve ser levada em conta em função da versão do bedame (esquerdo ou direito).

Assim, a regra a seguir contém as condições para que possa ser usado um dado bedame sem que haja colisão durante a usinagem:

• Regra de verificação de colisão bedame esquerdo-peça:

SE => (bedame = esquerdo) & ($a_r > ((\varnothing \text{ Feat1} - \varnothing \text{ Feat3})/2) + DA$) & (($DE + f1$) >= ($L + L1$)) & ($L > l_a$) & (direção de corte = 7)

ENTÃO => Ferramenta pode ser utilizada

Da mesma forma e de acordo com a 8-b, tem-se a análise da usinagem da ranhura com o uso de um bedame direito e a representação da respectiva regra a seguir.

• Regra de verificação de colisão bedame esquerdo-peça:

SE => (bedame = direito) & ($a_r > ((\varnothing \text{ Feat1} - \varnothing \text{ Feat3})/2) + DA$) & (($DE + f1$) >= ($L + L1$)) & ($L > l_a$) & (direção de corte = 7) ENTÃO => Ferramenta pode ser utilizada

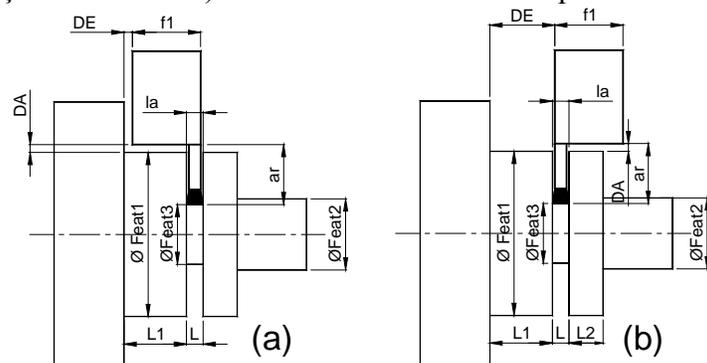


Figura 8. Situação de colisão entre ferramenta e peça: (a) bedame esquerdo; (b) bedame direito

4.2. Verificação de colisão no torneamento externo com reentrâncias

Uma reentrância corresponde a uma diminuição do diâmetro de uma *feature*-eixo em relação à outra *feature*-eixo de diâmetro maior. Na figura 9-a estão representados os tipos de ocorrências de reentrância simples e dupla.

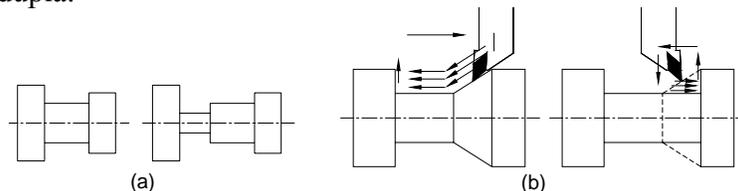


Figura 9. Reentrâncias: (a) Tipos; (b) Usinagem de desbaste da reentrância

Nestes casos, as reentrâncias têm as faces das *features*-eixo vizinhas perpendiculares ao eixo de rotação da peça. Porém, no torneamento externo da direita para a esquerda, como mostra a Figura 9-b, é usinado inicialmente um tronco de cone e numa operação posterior é feita a usinagem definitiva.

Para que a usinagem de reentrância seja executada, é necessário que algumas condições

geométricas e de movimentos da ferramenta sejam respeitadas. Uma situação típica de colisão é o deslocamento da ferramenta resultando num valor nulo ou negativo do ângulo efetivo de posição da aresta secundária (κ'_{re}) ou pela ocorrência de um deslocamento de avanço oblíquo da ferramenta segundo um ângulo menor do que φ , conforme representação na Figura 10. Isto leva a uma colisão do porta-ferramenta e da aresta secundária de corte da pastilha contra a superfície usinada da peça.

As regras de verificação para o torneamento externo de reentrâncias (Figura 10) são:

- Regra de verificação de colisão da ferramenta com a peça no torneamento de reentrâncias:
 $SE \Rightarrow (\text{torneamento} = \text{externo}) \ \& \ ((\varnothing \text{Feat3} - \varnothing \text{Feat2})/2 < L) \ \& \ ((\varnothing \text{Feat1} - \varnothing \text{Feat2})/2 < L) \ \& \ (C2 > f1) \ \& \ (\text{DirecaoCorte} = 6)$ ENTÃO \Rightarrow Possível usinar com ângulo φ na direção 6.
- Regra de verificação de colisão da torre com a *feature* 1 no torneamento de reentrâncias:
 $SE \Rightarrow (\text{torneamento} = \text{externo}) \ \& \ ((\varnothing \text{Feat3} - \varnothing \text{Feat2})/2 > L) \ \& \ (C2 > f1) \ \& \ (\text{DirecaoCorte}=6)$
 ENTÃO \Rightarrow Não usinar – colisão torre/peça.
- Regra de verificação de colisão da torre com a *feature* 2 no torneamento de reentrâncias:
 $SE \Rightarrow (\text{torneamento} = \text{externo}) \ \& \ ((\varnothing \text{Feat3} - \varnothing \text{Feat2})/2 > L) \ \& \ ((\varnothing \text{Feat1} - \varnothing \text{Feat2})/2 < L) \ \& \ (C2 > f1) \ \& \ (\text{DirecaoCorte} = 6)$ ENTÃO \Rightarrow Não usinar – colisão torre/peça.

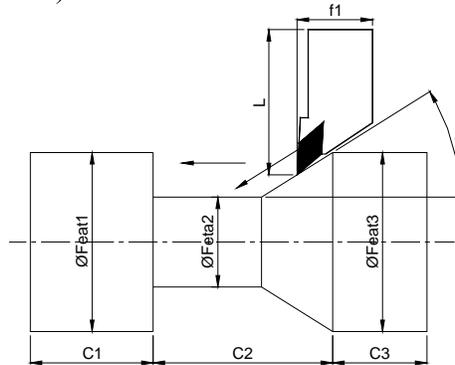


Figura 10. Usinagem de reentrância em ângulo

- Regra de verificação de colisão da torre com a *feature* 3 no torneamento de reentrâncias:
 $SE \Rightarrow (\text{torneamento} = \text{externo}) \ \& \ ((\varnothing \text{Feat3} - \varnothing \text{Feat2})/2 < L) \ \& \ ((\varnothing \text{Feat1} - \varnothing \text{Feat2})/2 > L) \ \& \ (C2 > f1) \ \& \ (\text{DirecaoCorte} = 6)$ ENTÃO \Rightarrow Não usinar – colisão torre/peça.
- Regra de verificação de colisão da ferramenta com a peça no torneamento de reentrâncias:
 $SE \Rightarrow (\text{torneamento} = \text{externo}) \ \& \ ((\varnothing \text{Feat3} - \varnothing \text{Feat2})/2 < L) \ \& \ (C2 < f1) \ \& \ (\text{DirecaoCorte}=6)$
 ENTÃO \Rightarrow Não usinar – colisão ferramenta/peça.

4.3. Verificação de colisão no torneamento de faceamento

O torneamento de faceamento pode se tornar crítico quando for efetuado em alguma face de reentrância da peça, onde então devem ser considerados o comprimento da ferramenta L e a largura f1 da ferramenta. Esta situação está representada na Figura 11.

Para as verificações de colisão entre ferramenta e peça no torneamento de faceamento, de acordo com a Figura 11, as seguintes regras devem ser consideradas:

- Regra de verificação de colisão da ferramenta com as *features* 2 e 3 no torneamento de faceamento:
 $SE \Rightarrow ((f1 + SG) < C2) \ \& \ (L > (\varnothing \text{Feat3} - \varnothing \text{Feat2})/2) \ \& \ (L > (\varnothing \text{Feat1} - \varnothing \text{Feat2})/2) \ \& \ (\text{DirecaoCorte} = 6)$ ENTÃO \Rightarrow Pode usinar
- Regra de verificação de acessibilidade da ferramenta no torneamento de faceamento de reentrâncias:
 $SE \Rightarrow ((f1 + SG) \geq C2)$ ENTÃO \Rightarrow Não pode usinar
- Regra de verificação de colisão da torre com a *feature* 1 no torneamento de faceamento:
 $SE \Rightarrow ((f1 + SG) < C2) \ \& \ (L < (\varnothing \text{Feat3} - \varnothing \text{Feat2})/2) \ \& \ (L > (\varnothing \text{Feat1} - \varnothing \text{Feat2})/2)$
 ENTÃO \Rightarrow Não pode usinar

Regra de verificação de colisão da torre com a *feature* 3 no torneamento de faceamento:
 $SE \Rightarrow ((f1 + SG) < C2) \& (L > (\varnothing \text{Feat3} - \varnothing \text{Feat2}) / 2) \& (L < (\varnothing \text{Feat1} - \varnothing \text{Feat2}) / 2)$
 ENTÃO \Rightarrow Não pode usar

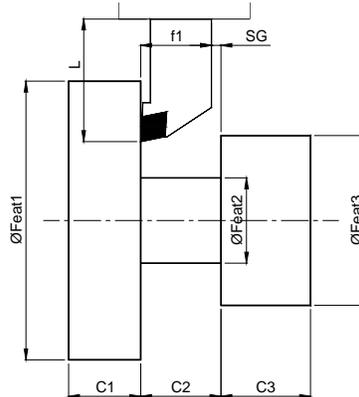


Figura 11. Usinagem de faceamento em faces de reentrâncias

5. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Como forma de validação da modelagem desenvolvida, foi usado um exemplo de torneamento de sangramento para verificação de colisão entre as castanhas da placa e a ferramenta.

Foram considerados os atributos de uma placa autocentrante, de um bedame e as dimensões da peça a ser usinada, todos dados contidos no banco de dados do sistema FeatCAD-2D.

Assim, com base nas regras modeladas, o programa determina as posições relativas de segurança entre peça, ferramenta e castanhas. A tela mostrada na Figura 12 apresenta o posicionamento da peça em relação à placa para o uso seguro de um determinado bedame.

As regras inicialmente foram implementadas em linguagem C/C++, e a visualização gráfica foi implementada no AutoCAD R12, programado em ambiente ADS.

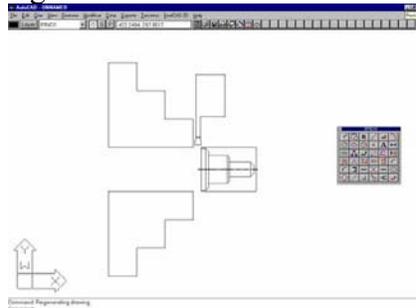


Figura 12. Posicionamento da peça com relação à placa para o uso do bedame

6. CONCLUSÃO

No presente trabalho foi feita a modelagem de situações de colisão no processo de torneamento, através do desenvolvimento e representação de regras procedurais, de maneira que pudessem ser implantadas em programas computacionais que determinam os percursos de ferramentas em torneamento CNC.

O uso de regras permite que facilmente possam ser identificadas novas condições de colisão e escritas em linguagem computacional. A programação destas regras diretamente em linguagem C/C++ apresenta certa dificuldade, uma vez que se torna necessário estabelecer uma ordem seqüencial para que as regras atuem corretamente. Além disso, esta forma não oferece flexibilidade para a alteração das regras, pois para isso é necessário compilar o programa inteiro a cada alteração.

O uso de um sistema especialista facilitará em muito a colocação das regras no sistema, pois as estas, em alguns sistemas podem ser escritas diretamente num arquivo texto que de fácil interpretação. Porém, pressupõe-se que o usuário possua conhecimentos de sistemas especialistas para que possa escrever tais regras. Logo, a criação de regras não é uma tarefa que possa ser feita por leigos. A maior dificuldade está em converter as condições físicas de colisão em parâmetros que possam ser entendidos pelo sistema.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade de Passo Fundo e a FAPERGS pelo apoio prestado.

8. REFERÊNCIAS

1. CHEN, S. J.; HINDUJA S. Checking for tools collisions in turning. **Computer-Aided Design**. v.20, n.5, p.281-289, jun 1989.
2. NGOI, B. K. A. et al. Tool collision detection in machining using spacial representation technique. **International Journal of Production Research**, v. 35, n.7, p. 1789-1805, London, jully, 1997.
3. MORISHIGE , K. et al.. Collision-Free Tool Path Generation Using 2-Dimensional C-Space for 5-Axis Control Machining. **Int J Adv Manuf Technol**. v. 13, p.393-400, 1997.
4. ILUSHIN, O. et al. Precise global collision detection in multi-axis NC-Machining. **Computer-Aided Design**, v. 39, p. 909-920, 2005.
5. REZENDE, D. F. **Planejamento de processos de fabricação assistido por computador através de um sistema especialista baseado na tecnologia de features: um modelo de desenvolvimento voltado para a realidade industrial**. 1996. 189p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. 1996.
6. MAZIERO, N. L.; BONATTO, Agno; PEREZ, Gustavo. Geração de programas CNC: Um experimento prático baseado em features. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2., 2000, São Carlos **Anais do II Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto**. São Carlos: USP, 2000.
7. MAZIERO, N.L et al. A feature-based object-oriented expert system to model and support product design. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 523-543, 2000.
8. MAZIERO, N. L. **Um sistema computacional inteligente de suporte ao projeto, manufatura e montagem de peças baseado em features: Uma abordagem com sistemas especialistas**. 1998, Florianópolis. 1998, 317p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. 1998.
9. CONGRESSO CHILENO DE INGENIEÍA MECÁNICA, 10., 2002, Santiago. **Anales del X Congreso Chileno de Ingeniería Mecánica**, Santiago de Chile, 2002.
10. SANDVIK Coromant. **Modern Metal Cutting – A Practical Handbook**, Sweden : Sandvik Coromant, 1994.

MODELING COLLISION SITUATIONS IN TURNING FOR IMPLEMENTATION IN TOOL PATHS SIMULATION

Nilson Luiz Maziero E-mail: nlm@upf.br

Luiz Airton Consalter E-mail: lac@upf.br

Cleber Luiz Oro

Vicente Bergamini Puglia

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Campus I, BR 285 km 171, CEP 99001-970, Passo Fundo/RS, Brasil.

***Abstract:** The automatic determination of the tool paths simulation in CNC machining is not free from tool/part/machine/fixture collisions detection, unless special attention has done for that. In this way, the present work aims to analyze collision possibilities and suggest a solution approach. Based in a part modeled from cylinder-features and groove-features, analyses are made considering external-turning operations, grooving and facing ones. Thus, many collision situations are defined and written in rules format and so they can be implemented in a tool path simulator program. An example of application is included at the end part of this paper.*

Keywords. *Turning collision, features, path simulation collision*