

Detalhamento orientado para fabricação como base para integração de sistemas CAD/CAPP

Prof. Dr.-Ing. Klaus Schützer

Lab. Sistemas Computacionais para Projeto e Manufatura - UNIMEP
Rod. Santa Bárbara-Iracemápolis, Km 1
13.450-000 Santa Bárbara d'Oeste, SP

Abstract:

Developing and implementing the FINDES system provides users with the opportunity to interact with the CAD system on a form feature-based level. After instantiating each form feature, the systems checks the validity of its parameters, its position, its interdependence, with existing form features and its manufacturability. Users are further supported in defining technological attributes. Finally FINDES is capable of reading the process plan of a workpiece and automatically generating an appropriate NC programme.

Keywords:

Integrated design, design by features, form features, features interdependence, process planing and automated NC programming.

1 Introdução

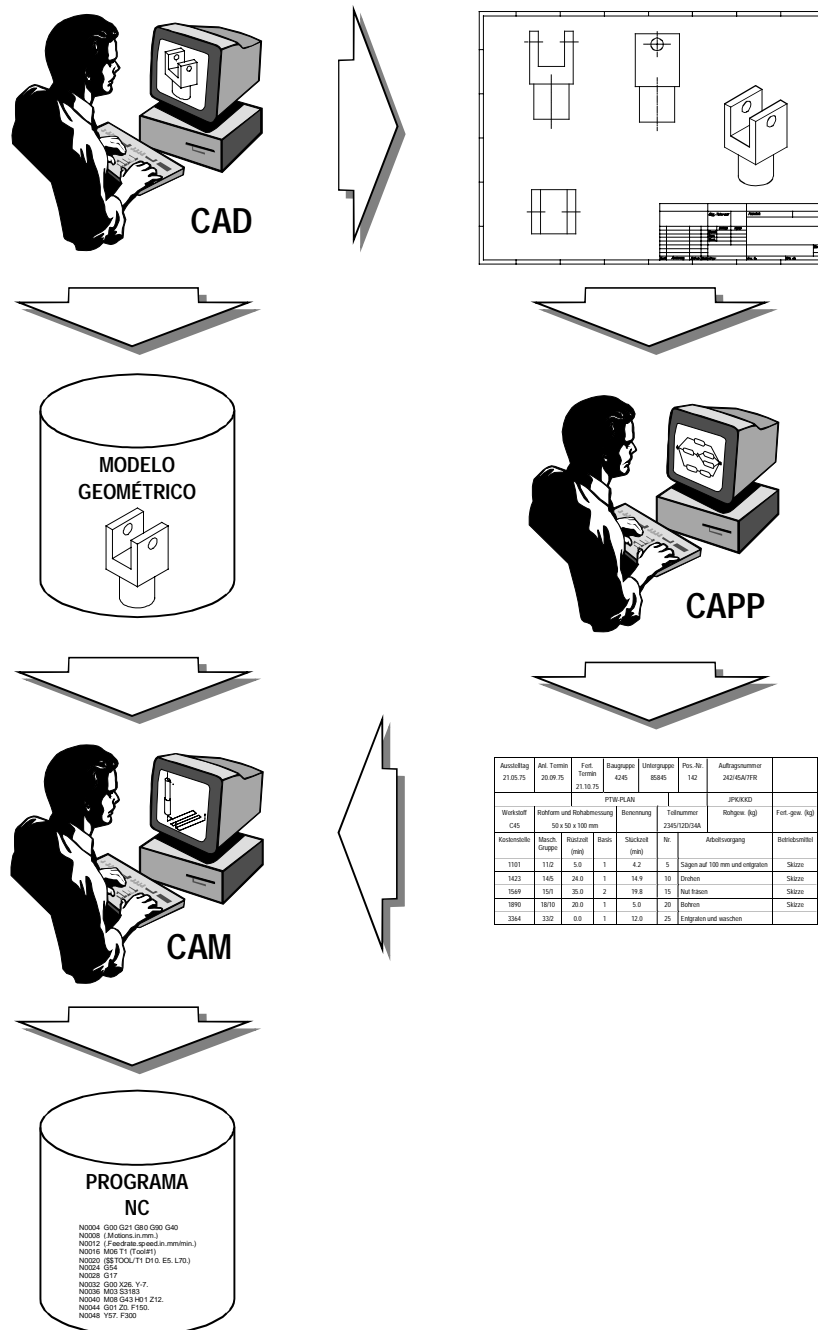
O desenvolvimento dos sistemas CAD (Computer Aided Design) no final dos anos 60 e sua introdução no início dos anos 70 na indústria automobilística norte-americana significou inicialmente uma pequena redução da produtividade da engenharia de produto ainda não acostumada à nova técnica de modelamento, além de que os primeiros sistemas não ofereciam uma interface confortável com o usuário [1]. Entretanto o potencial que estes sistemas representavam para o aumento da produtividade dos setores de projeto já havia sido reconhecido e isto determinou a continuidade do desenvolvimento destes sistemas.

O rápido desenvolvimento ocorrido nas últimas décadas em hardware permitiu o surgimento de computadores cada vez mais rápidos, de maior capacidade e por um preço comparativamente menor. Isto veio também permitir um desenvolvimento semelhante dos sistemas CAD, tanto nas suas características relacionadas ao modelamento geométrico como também na interface com o usuário. Hoje existem no mercado sistemas CAD („low end“, middle end“ e „high end“) para todos os setores industriais e para todos os portes de empresas.

Apesar do aumento da produtividade do setor de projeto através da utilização de sistemas CAD, não é possível afirmar que estes sistemas tenham melhorado a metodologia de trabalho do projetista. Ele apenas trocou a lapiseira pelo „mouse“ e a prancheta pelo monitor. Entretanto, a maneira de construir baseada em elementos geométricos primitivos (ponto, reta, arcos, curvas, etc) permanece inalterada [2]. O introdução de modeladores volumétricos e

paramétricos permitem a utilização de elementos macro-geométricos [3, 4], porém a interface com o usuário permanece puramente geométrica.

Uma realidade semelhante a esta pode também ser encontrada nos demais setores técnicos da empresa onde os sistemas CAPP (Computer Aided Process Planing), CAM (Computer Aided Manufacturing), foram introduzidos. Estes sistemas oferecem suporte para o desenvolvimento das atividades específicas de cada um dos setores de atuação, entretanto eles não oferecem nenhum suporte para a integração informatizada destes setores [5]. A Figura 1 apresenta a integração existente entre os sistemas CAD/CAPP/CAM.



Ausschlag	Anz. Tormis	Fort. Tormis	Boauppne	Umrangruppe	Pos. Nr.	Auftragsnummer																																																												
21.05.75	20.08.75	21.10.75	4245	85845	142	242145A77R																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">IPF/PLATE</th> <th colspan="2">JPK/CKD</th> <th>Fort.-gese. (kg)</th> </tr> <tr> <th>Werkstoff</th> <th>Rotdiam und Rohabmessung</th> <th>Benennung</th> <th>Teilnummer</th> <th>Rohgese. (kg)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CA5</td> <td>50 x 50 x 100 mm</td> <td></td> <td>234211201346</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kostenstelle</td> <td>Masch. Center</td> <td>Rohzeit (min)</td> <td>Stückzeit (min)</td> <td>Nr.</td> <td>Arbeitsvorgang</td> <td>Belegendatum</td> </tr> <tr> <td>1101</td> <td>1102</td> <td>5.0</td> <td>1</td> <td>4.2</td> <td>5 Sägen auf 100 mm und entgraten</td> <td>Skizze</td> </tr> <tr> <td>1423</td> <td>1425</td> <td>24.0</td> <td>1</td> <td>14.9</td> <td>10 Drehen</td> <td>Skizze</td> </tr> <tr> <td>1549</td> <td>1511</td> <td>35.0</td> <td>2</td> <td>16.8</td> <td>15 Nut fräsen</td> <td>Skizze</td> </tr> <tr> <td>1890</td> <td>1810</td> <td>20.0</td> <td>1</td> <td>5.0</td> <td>20 Bohren</td> <td>Skizze</td> </tr> <tr> <td>2261</td> <td>232</td> <td>0.0</td> <td>1</td> <td>12.0</td> <td>25 Entgraten und weichen</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							IPF/PLATE			JPK/CKD		Fort.-gese. (kg)	Werkstoff	Rotdiam und Rohabmessung	Benennung	Teilnummer	Rohgese. (kg)		CA5	50 x 50 x 100 mm		234211201346			Kostenstelle	Masch. Center	Rohzeit (min)	Stückzeit (min)	Nr.	Arbeitsvorgang	Belegendatum	1101	1102	5.0	1	4.2	5 Sägen auf 100 mm und entgraten	Skizze	1423	1425	24.0	1	14.9	10 Drehen	Skizze	1549	1511	35.0	2	16.8	15 Nut fräsen	Skizze	1890	1810	20.0	1	5.0	20 Bohren	Skizze	2261	232	0.0	1	12.0	25 Entgraten und weichen	
IPF/PLATE			JPK/CKD		Fort.-gese. (kg)																																																													
Werkstoff	Rotdiam und Rohabmessung	Benennung	Teilnummer	Rohgese. (kg)																																																														
CA5	50 x 50 x 100 mm		234211201346																																																															
Kostenstelle	Masch. Center	Rohzeit (min)	Stückzeit (min)	Nr.	Arbeitsvorgang	Belegendatum																																																												
1101	1102	5.0	1	4.2	5 Sägen auf 100 mm und entgraten	Skizze																																																												
1423	1425	24.0	1	14.9	10 Drehen	Skizze																																																												
1549	1511	35.0	2	16.8	15 Nut fräsen	Skizze																																																												
1890	1810	20.0	1	5.0	20 Bohren	Skizze																																																												
2261	232	0.0	1	12.0	25 Entgraten und weichen																																																													

Figura 1: Sistemas CAx e o fluxo de informações

2 Projeto convencional com uso de sistemas CAD

Apesar da introdução de sistemas CAD „low end“ (modelamento em 2D) ou de sistemas CAD „middle end“ e „high end“ (modelamento volumétrico, modelamento de superfícies complexas), a metodologia de projeto permaneceu inalterada ao longo das últimas décadas. O projetista continua a fazer uso de elementos geométricos primitivos (pontos, curvas, cilindros, toróides, etc) para modelar o objeto em questão, que são os elementos construtivos disponíveis nos sistemas CAD convencionais.

Como consequência desta situação o projetista precisa inicialmente decidir qual representação irá utilizar para modelar as soluções funcionais do produto e a partir deste ponto, com o uso desta geometria básica, modelar geometricamente o produto. Por ex: um furo roscado será representado por apenas um cilindro.

Na geração posterior do desenho para fabricação serão acrescentadas as informações tecnológicas como por ex: tipo da rosca, tolerâncias, qualidade superficial, etc. informações estas que permanecem desvinculadas do modelo geométrico da peça [1, 2].

3 Utilização de „manufacturing features“ e a integração de sistemas CAD/CAPP

3.1 Interface entre sistemas CAD/CAPP

Os sistemas CAD existentes hoje no mercado não oferecem nenhum suporte para a integração informatizada com um sistema CAPP e conseqüentemente de ambos com um sistema CAM [2]. Alguns fabricantes de sistemas CAD/CAM oferecem a possibilidade de uma transferência direta dos dados geométricos entre os dois módulos, entretanto toda a informação tecnológica, como por ex: tolerâncias, não consta desta transferencia e o processista necessita recorrer ao desenho da peça para verificar as tolerâncias definidas pelo projetista e preparar um programa NC que permita obter os valores dimensionais especificados. Portanto, nesta situação cabe ao processista tomar todas as decisões com respeito ao processo de fabricação.

A parte superior da Figura 1 mostra a situação atual na qual os usuários destes sistemas realizam também o papel de interface entre eles. No caso específico da interface CAD/CAPP, o usuário precisa traduzir toda a informação puramente geométrica do sistema CAD para uma linguagem que os sistemas CAPP entendam, ou seja, uma linguagem baseada em „manufacturing features“, além de que todos os atributos tecnológicos necessitam também serem redefinidos. Isto significa uma duplicação de esforços e o aumento do risco de introdução de erros na cadeia de transferência de informações.

Uma interface para a integração informatizada de sistemas CAD/CAPP com o objetivo de eliminar a redefinição de informações e de gerar automaticamente o processo de fabricação deve, portanto, ser necessariamente baseada em „manufacturing features“.

3.2 Utilização de „form features“ no projeto

O termo „form features“ será utilizado neste artigo como termo genérico para „design features“, „manufacturing features“, „function features“, etc. [2, 6].

Um modelo da peça baseado em „form features“ representa o elo para a integração informatizada dos sistemas CAD/CAPP. Para a obtenção deste modelo como resultado do processo construtivo existem duas metodologias: **reconhecimento de „form features“** e o **modelamento baseado em „form features“** (veja Figura 2).

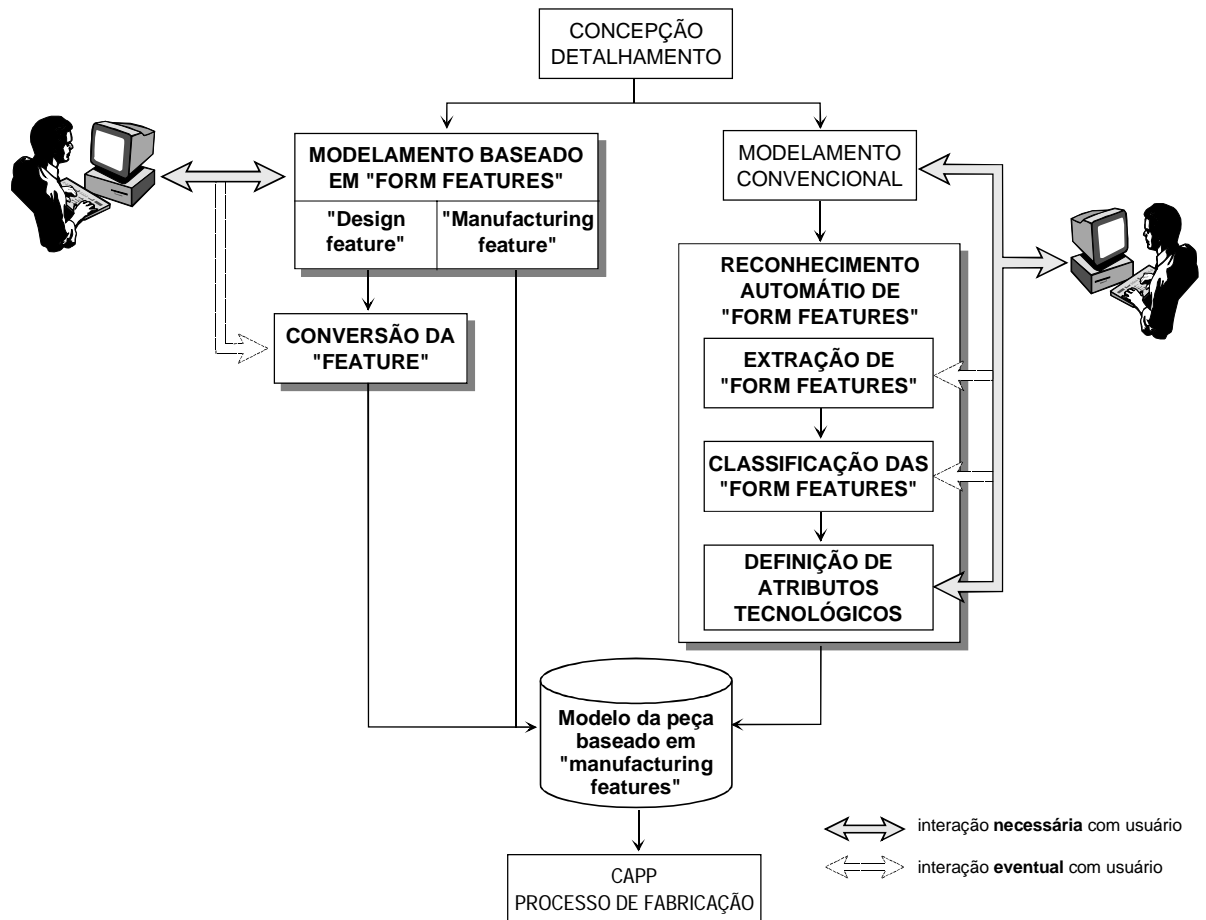


Figura 2: Metodologias para utilização de "form features" no projeto

No **reconhecimento de „form features“** a peça é inicialmente construída com o uso de sistemas CAD convencionais como já explanado. Posteriormente, através de um sistema complementar, serão extraídas as „manufacturing features“ utilizando-se das informações geométricas do sistema CAD. Para isto existem duas possibilidades: o reconhecimento manual e o reconhecimento automático. No caso do **reconhecimento manual**, o usuário irá interagir com um sistema que possibilita a identificação dos elementos que irão compor uma „manufacturing feature“. Este método representa uma repetição da construção da peça com uma nova semântica [7].

O **reconhecimento automático** baseia-se em diferentes metodologias [7, 8, 9, 10, 11, 12], as quais procuram reconhecer automaticamente, a partir de um modelo geométrico da peça, o maior número possível de „manufacturing features“. Esta metodologia oferece uma liberdade maior ao projetista durante o processo construtivo, entretanto apresenta algumas desvantagens quando se considera toda a cadeia de desenvolvimento de um produto:

- não existe até o momento nenhuma metodologia que permita o reconhecimento completamente automatizado de „manufacturing features“ e isto parece não ser realizável em função da complexidade do problema [7];

- existe uma duplicidade de conversão das informações durante o processo de construção e posterior reconhecimento [2];
- o tempo de reconhecimento é elevado e persiste a possibilidade de erros no reconhecimento e na redefinição dos atributos tecnológicos, o qual já significa uma duplicação de trabalho [13].

No **modelamento baseado em „form features“** [2, 13, 14, 15, 16] o projetista irá interagir com uma interface baseada nesta nova semântica durante todas as fases do projeto e, portanto, cada uma das peças já estará sendo modelada com o uso destes elementos, e o modelo baseado em „manufacturing features“ para a integração com sistemas CAPP é um subproduto deste processo. Esta metodologia poderá apresentar algumas restrições à criatividade do projetista, entretanto permite uma construção orientada para a fabricação, montagem, etc., além de uma integração informatizada com os sistemas CAx seguintes. Esta metodologia apresenta ainda as seguintes vantagens [2]:

- paralelamente ao modelo geométrico são armazenadas também informações semânticas, funcionais, tecnológicas, etc.;
- melhora da interface com o usuário e suporte ativo para a aquisição de informações;
- suporte para a standardização; melhora da qualidade do produto e verificação das decisões construtivas;
- a construção e o processo são suportados simultaneamente;
- implementação de bibliotecas de „features“ orientadas para aplicações específicas.

4 Detalhamento orientado para a fabricação: aplicação de „form features“

O conceito do modelamento baseado em „manufacturing features“ e em „design features“ continua sendo desenvolvido pelo autor dentro do Projeto KIT #123 - FBASEDSGN financiado pela Comissão Européia. Dois protótipos para o modelamento de peças rotacionais - FINDES-R - [6] e para o modelamento de peças prismáticas - FINDES-P [2, 5] já foram desenvolvidos, e no projeto acima mencionado está sendo dada continuidade a esta pesquisa.

Durante o modelamento de uma peça ou durante a definição de atributos tecnológicos o usuário interage com uma semântica baseada no conceito de "form features". Considerando que os protótipos desenvolvidos devem não somente dar suporte ao processo de modelamento como também verificar simultaneamente a usinabilidade da peça em projeto e providenciar uma representação que possa ser usada pelos sistemas seguintes (CAPP e CAM), foi implementada uma interface e um conjunto de funções que permitem que um sistema CAPP adquira as informações necessárias para a geração automática do processo de fabricação [17].

As „features“ disponíveis para serem utilizadas no modelamento de uma peça fazem parte de uma **„biblioteca de features“**. Esta biblioteca inclui todas as informações necessárias para a instanciação da „feature“ escolhida pelo usuário. Estas informações incluem: métodos para a geração da sua representação geométrica, métodos para a sua validação geométrica e tecnológica, métodos para a verificação da usinabilidade, métodos para a determinação da interdependência geométrica e tecnológica com outras „features“ da peça, além de informações sobre atributos tecnológicos (tolerâncias, tratamento térmico, etc) que podem ser especificados para cada „feature“. Esta biblioteca também permite a inclusão de valores pré-

definidos para parâmetros de uma determinada „feature“; com isso é possível incluir tabelas de normas técnicas, ou normas internas da empresa, fazendo com que o usuário venha utilizar estes valores no produto. Desta maneira, ao contrário dos sistemas CAD convencionais, o projetista recebe um suporte ativo do sistema durante o processo construtivo.

O acesso a esta biblioteca foi definido em dois níveis; um para o gerente do sistema que terá a permissão para incluir novas „features“ e modificar/remover „features“ já definidas. O outro acesso é para o projetista que será apenas o usuário da informação disponível, não tendo a permissão para alterar qualquer das informações existentes na biblioteca.

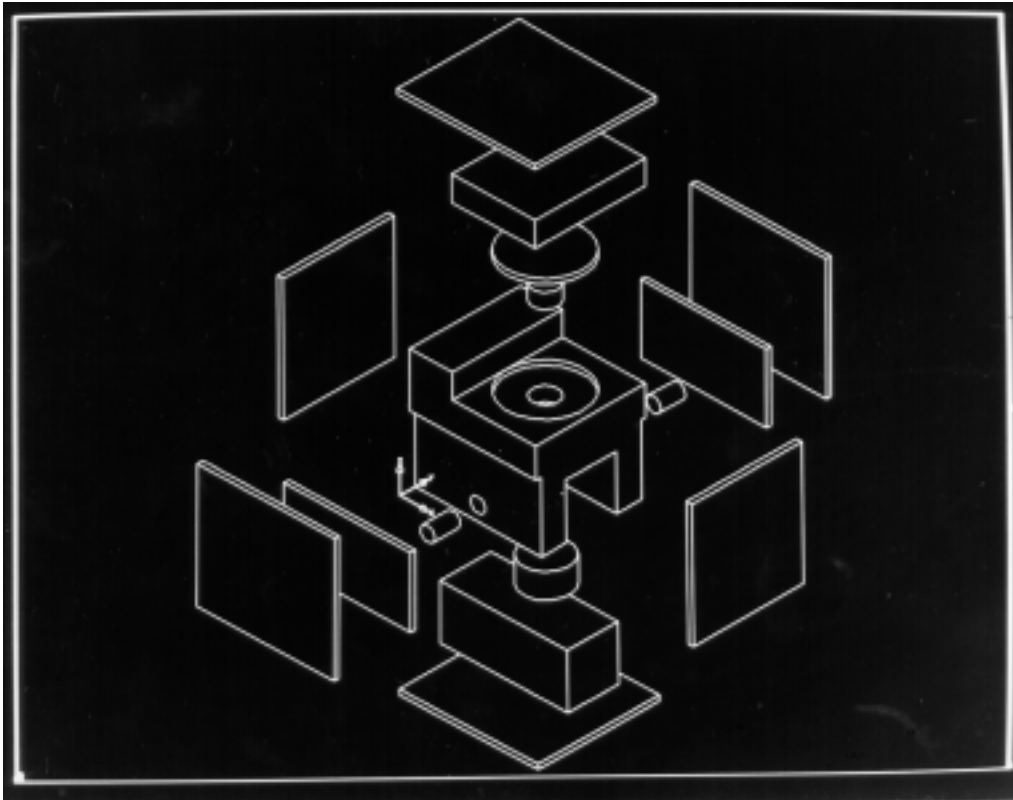


Figura 3: Peça modelo (Eurokran) construída com "manufacturing features"

A Figura 3 apresenta o exemplo de uma peça prismática (Eurokran) construída com o protótipo FINDES-P. Esta peça foi totalmente modelada com o uso de „manufacturing features“. Durante a definição de atributos tecnológicos o usuário escolhe a „feature“ desejada com o cursor e o sistema identifica o seu tipo e, de acordo com as informações disponíveis na biblioteca, oferece uma lista com os atributos válidos para a „feature“ escolhida. Por ex: no caso do usuário atribuir uma tolerância de forma para o rasgo retangular na parte inferior do Eurokran, FINDES-P oferecerá uma lista de tolerâncias na qual não está incluída cilíndricidade.

Para a definição de uma tolerância de posição, a interdependência do elemento tolerado em relação à referência escolhida será automaticamente armazenada no modelo da peça. Caso um dos dois elementos venha a ser posteriormente modificado, o sistema informará o usuário sobre esta interdependência para que ele decida sobre a sua manutenção ou não.

Estes protótipos oferecem o suporte necessário para a implementação do conceito de **engenharia simultânea** uma vez que durante o projeto, tanto a engenharia de produto está acessando informações sobre os meios de produção disponíveis na empresa para a verificação da usinabilidade da peça em projeto, como também a engenharia de fabricação pode acessar as informações do produto em desenvolvimento para planejamento do processo e da fabricação.

5 Conclusões

Os protótipos FINDES foram implementados utilizando a metodologia do modelamento baseado em „form features“ com uma biblioteca que inclui „design features“ e „manufacturing features“. Esta combinação e todo suporte adicional para o modelamento e manufatura de peças rotacionais e prismáticas oferecido pelo sistema tem comprovado ser uma ferramenta para melhorar a metodologia de projeto, além de ser um passo decisivo na integração de sistema CAD, CAPP e CAM.

O projetista não necessita mais trabalhar com uma geometria de nível elementar. FINDES auxilia o modelamento com uma nova semântica baseada nos elementos utilizados para produzir uma peça real, os quais estão relacionados a elementos geométricos complexos. As modificações no projeto são também realizadas através destes elementos, melhorando assim a interface com o usuário e reduzindo o tempo de projeto.

A definição de atributos tecnológicos também é auxiliada pelo sistema; e o modelo resultante da peça baseado em „form features“ pode ser transferido para um sistema CAPP sem nenhum trabalho adicional.

O módulo de manufatura do FINDES também comprovou sua capacidade de recuperar uma peça já modelada juntamente com seu processo de fabricação e gerar automaticamente o programa NC.

Os testes que estão sendo realizados modelando-se peças reais com FINDES e com sistemas CAD comerciais e posteriormente gerando o programa NC resultaram globalmente numa significativa redução do tempo de modelamento e geração do programa NC [2]. Estes resultados e a possibilidade de integrar o projeto, o processo e a manufatura encorajam a continuidade do desenvolvimento deste sistema.

6 Agradecimento

A continuidade do trabalho de pesquisa aqui apresentado está sendo financiado pela Comissão Europeia através do Projeto KIT #123 - FBASEDSGN.

7 Bibliografia

- [1] SPUR, G.; KRAUSE, F.-L.: CAD-Technik. München: Carl Hanser Verlag, 1984. - ISBN 3-446-13897-8
- [2] SCHÜTZER, K.: Integrierte Konstruktionsumgebung auf der Basis von Fertigungsfeatures. München: Hanser, 1995. - ISBN 3-446-18492-9

- [3] MATRA DATAVISION: EUCLID3: 2D-3D Zeichnerstellung und Volumen-Modellierung. Vol. 1-3. München, 1993
- [4] PARAMETRIC TECHNOLOGY: Pro/Engineer - Manual do usuário. 1995
- [5] SCHULZ, H.; SCHÜTZER, K.: FINDES - Sistema integrado de projeto baseado em „features“. Máquinas e Metais. 31 (1995) 358, pg. 46-57
- [6] SCHULZ, H.; SCHÜTZER, K.: Integração de projeto e planejamento baseado em feature. Máquinas e Metais. 27 (1993) 332, pg. 28-37
- [7] XU, J.: Informationsmodellierung von Fertigungselementen zur rechnergestützten Arbeitsplanung. Bochum, Ruhr Universität, Dissertation, 1990
- [8] PERNG, D.-B.; CHEN, Z.; LI, R.-K.: Automatic 3D machining feature extraction from 3D CSG solid input. Computer-Aided Design. 22 (1990) 5, pg. 285-295
- [9] VAN HOUTEN, F.J.A.M.: PART: A Computer Aided Process Planning System. Twente, University, Dissertation, 1991. - ISBN 90-9004127-3
- [10] PRABHAKAR, S.; HENDERSON, M.R.: Automatic form features recognition using neural-network-based techniques on boundary representations of solid models. Computer-Aided Design. 24 (1992) 7, pg. 381-393
- [11] FALCIDIENO, B.; GIANNINI, F.: Extraction and organization of form features into a structured boundary model. In: Proceedings of Eurographics 1987, Amsterdam Aug. 1987, pg. 249-259
- [12] MENON, S.; KIM, Y.S.: Cylindrical Features in Form Feature Recognition Using Convex Decomposition. In: Proceedings of IFIP - International Conference on Feature Modeling & Recognition in Advanced CAD/CAM Systems, Valenciennes May 1994, pg. 295-314
- [13] ROTHLEY, J.: Fertigungsgerechtes Konstruieren mit CAD: technische Formelemente steigern die Wirtschaftlichkeit. Karlsruhe, Universität Fridericiana, Dissertation, 1991
- [14] CASE, K.; GAO, J.: Feature technology: an overview. International Journal of Computer Integrated Manufacturing. 6 (1993) 1-2, pg. 2-12
- [15] SHAH, J.J.: Assessment of features technology. Computer-Aided Design. 23 (1991) 5, pg. 331-343
- [16] KRAUSE, F.-L.; ULBRICH, A.; VOSGERAU, F.H.: Feature based approach for the integration of design and process planning systems. In: Preprints of the IFIP WG 5.2 Workshop on Geometric Modeling, New York Jun. 1990
- [17] SCHULZ, H.; HINTZ, A.: FINPLAN - A problem solving shell specialized in process planning. Production Engineering, I (1993) 1, pg. 211-214