



APLICAÇÃO DE UMA ESTRUTURA DE INFORMAÇÕES PARA O APOIO A FABRICAÇÃO DE MOLDES DE INJEÇÃO

Marcos A. Luciano
malucian@ucs.tche.br

Carlos A. Costa
cacosta@ucs.tche.br

Universidade de Caxias do Sul – UCS
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica
Cidade Universitária, Caixa Postal 1352
CEP 95001 – 970, Caxias do Sul – RS

Resumo: *O uso crescente de componentes injetados em produtos das linhas automotiva, branca e marrom tem exigido a cada dia uma maior agilidade e flexibilidade das ferramentarias no processo de desenvolvimento de moldes de injeção. Além disso, os prazos de entrega tem sido reduzidos, tornando-se um fator decisivo no momento da seleção do fornecedor do molde. Este trabalho propõe o uso de uma estrutura de produto no processo de desenvolvimento de moldes, como uma abordagem para a busca da otimização dos recursos fabris, tendo como objetivo principal auxiliar o planejamento da produção. Isto permite a empresa prever com maior segurança a data de entrega do molde, além de criar uma base de dados que permitirá armazenar as informações geradas durante o processo de desenvolvimento do molde. Esta abordagem está baseada na premissa de que embora cada molde seja diferente dos anteriormente produzidos, as atividades relacionadas ao seu desenvolvimento são semelhantes. Assim, foi elaborada uma estrutura genérica na qual todos os possíveis componentes do “produto molde de injeção” são considerados. A aplicação da estrutura do produto, neste caso, ocorre de maneira associada a um sistema comercial de planejamento e controle de produção. Para cada um dos componentes do molde, foi elaborado um plano de processo com todas as operações possíveis que este componente sofrerá ao longo de sua fabricação. Para cada uma das operações também foram determinados os recursos necessários para sua efetiva fabricação.*

Palavras-chave: Estrutura de produto, Modelo de produto, Molde de injeção, Engenharia simultânea.

1. INTRODUÇÃO

No contexto industrial atual, tanto a qualidade de um produto quanto seu tempo de desenvolvimento, são importantes para a conquista do mercado consumidor. Buscando sobreviver neste ambiente, as empresas tem se utilizado do conceito de engenharia simultânea no processo de desenvolvimento, criando de maneira rápida e eficiente novos produtos.

O setor de ferramentarias, grande fornecedor de moldes para a indústria da linha automotiva, branca e marrom, está inserido neste ambiente. Em muitas situações o início do desenvolvimento de um molde de injeção ocorre antes de se ter a definição final do produto que será injetado. Assim, é normal que ocorram mudanças na geometria e nas características do componente, exigindo

agilidade para a realização de mudanças durante o processo de desenvolvimento de um molde. Neste processo é fundamental uma forte integração das pessoas ligadas tanto ao projeto como a manufatura, de tal modo que os parâmetros do produto possam ser revistos, discutidos e quaisquer problemas rapidamente identificados e solucionados, possibilitando se atingir uma manufatura pontual e com qualidade.

Este trabalho propõe o uso de uma estrutura de informações do produto no processo de desenvolvimento de moldes, como uma abordagem para a busca da otimização dos recursos fabris. O objetivo principal é auxiliar o planejamento e controle da produção (PCP) e também a criação de uma base de dados que permitirá armazenar as informações geradas durante o processo de desenvolvimento. A aplicação da estrutura de informações do produto foi realizada na Gama Indústria de Matrizes Ltda, situada na cidade de Caxias do Sul - RS, utilizando-se um sistema comercial (*Preactor*®) de Planejamento e Controle de Produção.

2. MODELOS DE INFORMAÇÕES PARA APOIAR O DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Buscando atender a redução dos prazos de entrega e o aumento da demanda, algumas ferramentarias tem adquirido máquinas-ferramentas como forma de superar estas dificuldades, contudo esta é uma solução que apresenta custos elevados. Outra forma de suplantar estes problemas, é em um primeiro momento otimizar os recursos humanos e fabris existentes, para posteriormente se necessário, adquirir máquinas-ferramentas. Este tipo de abordagem requer da empresa um bom conhecimento de seu produto, um domínio de sua fabricação além de um eficiente gerenciamento dos recursos disponíveis. Uma maneira de se atingir estas condições é a adoção de um ambiente de trabalho baseado na filosofia da engenharia simultânea, o qual permitirá integrar o conhecimento existente na empresa, requerendo para isso o compartilhamento de uma quantidade grande e variada de informações sobre o produto.

Em uma ferramentaria uma das etapas mais complexas e que envolve um grande número de informações é o planejamento do processo de fabricação. Nesta etapa são necessárias informações sobre o projeto do molde e as capacidades dos recursos fabris, para que possam ser determinadas desde as matérias-primas até os acabamentos superficiais do molde. Em geral esta etapa inclui desde a seleção do material, seleção do processo de fabricação, seleção da máquina ferramenta, seleção da ferramenta, determinação da seqüência de operações, seleção da fixação e a elaboração da documentação do processo de fabricação.

Uma forma para o gerenciamento e posterior compartilhamento das informações é através do uso de estruturas de dados/informações que possibilitam armazenar as informações do ciclo de vida do produto. Normalmente isso está relacionado com a aplicação de tecnologias de banco de dados, exigindo a criação de um modelo, consistente e íntegro, que possa ser “interpretado” pelas diferentes aplicações computacionais. Os modelos de informações de um produto, determinam como e onde as informações comuns são armazenadas e como as mesmas tornam-se disponíveis para as diferentes aplicações computacionais durante o ciclo de desenvolvimento do mesmo, (Tichem e Storm, 1997; Molina et al,1995 e McKay et al, 1996).

A Figura (1) apresenta uma situação comum a muitas ferramentarias atualmente, onde elas não desenvolvem internamente o projeto do molde, mas subcontratam outras empresas para fazê-lo. Aplicado neste contexto, o modelo de informações do produto pode se transformar no elo de ligação entre estas empresas, desta forma poderiam ser eliminadas a duplicidade de informações e estaria garantida a constante atualização dos dados. Portanto esse modelo de produto poderia ser o *link* com qualquer outra empresa, como por exemplo aquelas responsáveis pela injeção da peça plástica.

O uso de modelos de informações do produto fornece algumas vantagens tais como, uma completa integridade dos dados, rápida flexibilidade, manutenção e suporte para o ciclo de vida do produto.

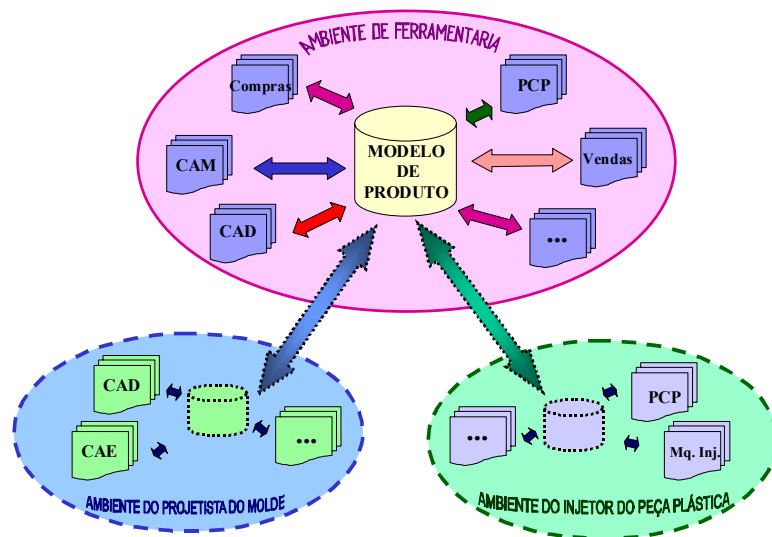


Figura 1. Modelos de informações de produto aplicado a ferramentarias

Contudo, apesar dos benefícios trazidos pelos Modelos de Produtos, o apoio as decisões envolvidas nas diferentes atividades do ciclo de vida de um produto, exigem além de informações sobre o produto em desenvolvimento, informações adicionais associadas as diferentes áreas de conhecimento envolvidas com tal produto. Por exemplo, as considerações sobre as capacidades de manufatura. Assim, torna-se necessário, o desenvolvimento de Modelos Adicionais de Informações para o apoio as diferentes fases envolvidas no desenvolvimento de um produto, Costa (2001). Um dos requisitos principais para a criação de tais modelos é o estabelecimento de uma estrutura de produto capaz de capturar tais informações e que será apresentada no item seguinte.

3. A ESTRUTURA DE PRODUTO APLICADA AO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO EM FERRAMENTARIAS

Nos sistemas de produção sob encomenda ou por projeto, no qual se enquadram as ferramentarias, é difícil prever o “que”, “quando” e “como” será produzido no período seguinte. Estas informações ficam disponíveis apenas com a chegada do pedido, Tubino (1997). Este tipo de ambiente exige alta flexibilidade tanto no gerenciamento das informações como dos recursos produtivos, para poder atender as características específicas dos diferentes produtos.

Embora o “produto molde de injeção” seja produzido sob encomenda, e portanto exija da empresa flexibilidade, ele pode ser considerado um produto do tipo variante, onde a associação entre as funções e as soluções aplicadas são relativamente conhecidas, Costa e Young (1999).

3.1 Estabelecimento da estrutura de produto para o molde

A dificuldade em se estruturar um produto, “molde de injeção”, para cada aplicação, tem levado alguns pesquisadores a buscarem a simplificação deste problema através do uso de uma estrutura genérica e completa, que possa capturar todas as possíveis variações de um molde, como apresentado por Alam (2000). A Figura (2) mostra a representação de um molde de injeção genérico, com seus possíveis componentes. Isto significa que quando for montado um modelo referente a um molde específico, alguns dos componentes da estrutura genérica poderão não ser considerados.

Por sua complexidade, o que muitas vezes causa dificuldades de compreensão, o molde foi dividido em duas partes: uma que se refere a parte móvel e outra que se refere a parte fixa do molde. Na parte fixa, ou seja o lado por onde normalmente acontece a injeção, tem-se os seguintes componentes: flange, bico de injeção, base inferior, cavidade, terceira placa, placa suporte da cavidade além de buchas e colunas. Na parte móvel, ou seja o lado do molde normalmente

responsável pela extração, alguns componentes são: macho, placa extratora, gavetas (anterior, posterior, superior, inferior), placa intermediária, base inferior, pino extrator, placa porta pinos, batente, buchas e colunas. Tanto o molde genérico como a estrutura do produto foram criadas considerando moldes de injeção para polímeros ou alumínio e o ambiente fabril da ferramentaria envolvida neste trabalho.

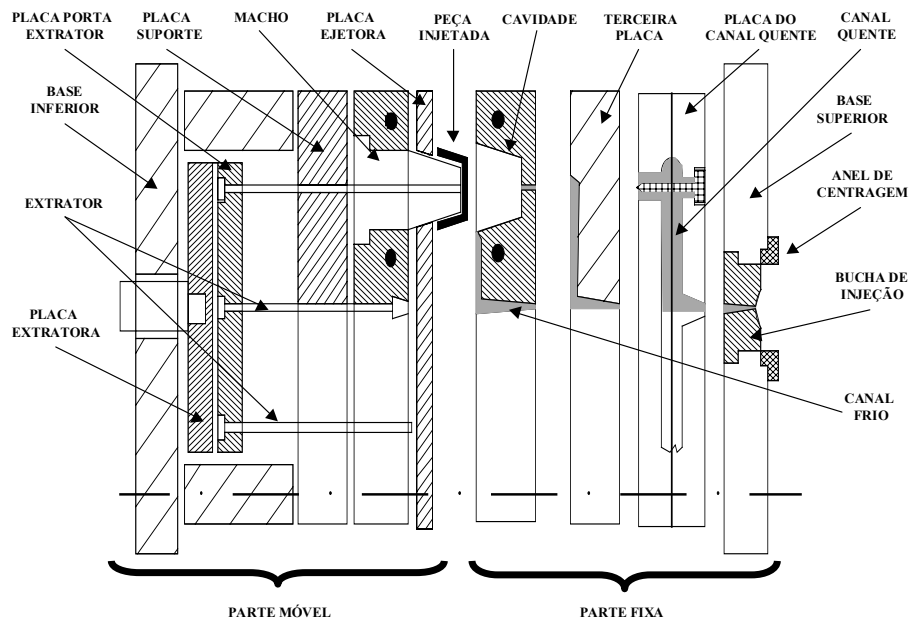


Figura 2. Representação esquemática de um molde genérico

Baseado na estrutura do molde genérico mostrado na Fig. (2), foi elaborada a estrutura de produto capaz de auxiliar o planejamento e controle do processo de fabricação. A Figura (3), apresenta a estrutura hierárquica de produto adotada.

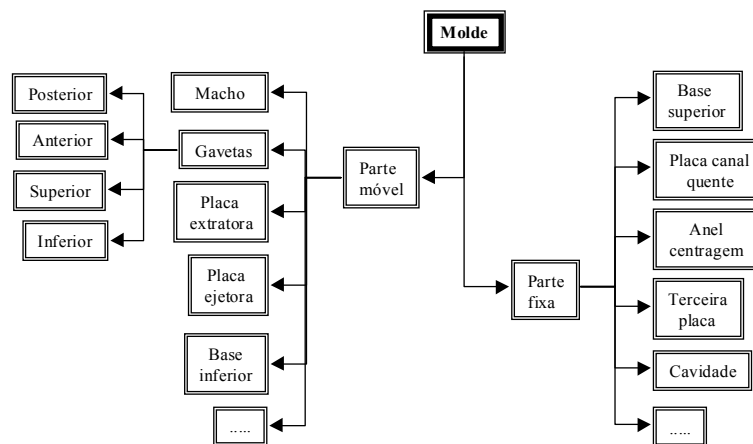


Figura 3. Estrutura de hierárquica produto

3.3 Estrutura para os planos de processo de fabricação

Para que a estrutura de produto mostrada na Fig. (3) auxilie no gerenciamento das informações da empresa, é necessário também que seja determinada uma estrutura para planos de processo para cada um dos componentes do molde. Desta forma foram estabelecidas todas as possíveis operações/atividades normalmente realizadas em cada componente do molde durante seu ciclo de fabricação. A Figura (4) apresenta um dos componentes do molde, denominado “cavidade”, o qual

pode sofrer as seguintes operações: programação 3D, programação 2D, desbaste CNC, acabamento, retífica plana, eletroerosão por penetração, esquadrejamento em mandriladora, polimento, eletroerosão a fio, tratamento térmico, serviços de bancada, operações de fresadora convencional, acabamento de fresadora. As operações/atividades discriminadas, dependendo das características do molde, podem ser extraídas ou acrescentadas a estrutura, se necessário. Além disso a ordem das operações/atividades também pode ser alterada em função de necessidades específicas de cada componente.

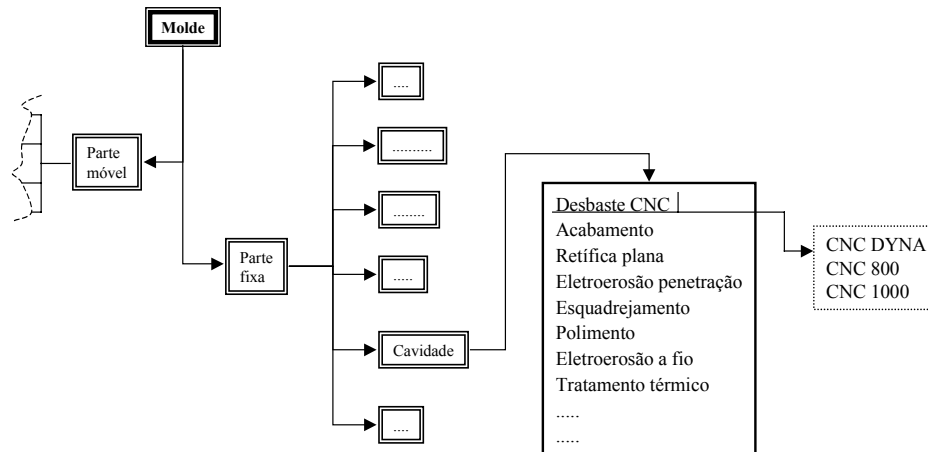


Figura 4. Estrutura dos recursos de fabricação

Para algumas das operações/atividades pode existir mais que um recurso de fabricação, primário ou secundário, em condições de utilização. São considerados recursos primários desde uma máquina ferramenta como por exemplo: centro de usinagem, torno, fresadora convencional e bancada, bem como a modelagem 3D ou a geração das rotinas de usinagem através do sistema CAM. Já os recursos secundários são as ferramentas e os dispositivos necessários a execução de uma operação/atividade. A escolha do recurso ideal a ser utilizado para a fabricação de cada um dos componentes, é realizada pelo programador da produção, em função de características técnicas do componente ou mesmo em função da disponibilidade de tempo de utilização do recurso.

4. APLICAÇÃO DA ESTRUTURA DE INFORMAÇÕES DO PRODUTO A UM SISTEMA PCP

Existem no mercado diversos pacotes computacionais para o Planejamento e Controle da Produção, sendo que neste trabalho utiliza-se o *Preactor*®. Este sistema baseia-se no conceito de Capacidade Finita de Produção, permitindo a geração de programações de produção em função das disponibilidades dos recursos produtivos e das restrições operacionais. Desta maneira é possível simular e comparar diversas programações geradas por diferentes métodos e critérios de sequenciamento.

Considerando a estrutura hierárquica de produto, mostrada na figura 3, foram inseridos no sistema as operações/atividades possíveis de serem realizadas na empresa, juntamente com os diferentes turnos de trabalho para os diferentes recursos de fabricação utilizados nas operações/atividades por onde podem passar os diversos componentes da estrutura do produto, como mostrado na Fig. (5).

Estando os recursos e as operações/atividades cadastrados no banco de dados do sistema, foi gerado o “modelo de produto molde de injeção”, que apresenta todos os possíveis componentes do molde, e todas as possíveis operações/atividades pelas quais seus componentes podem passar. As operações/atividades estão alocadas em diversos grupos de recursos. Entende-se como grupo de recursos um conjunto de máquinas com características semelhantes, como por exemplo tornos, centros de usinagem, fresadoras convencionais, programação 3D entre outros.

Recurso Primário	Grupo de Recursos	Estado	Eficiência	Recurso Se	Máximo	Mínimo	Início	Fim
TORNO ROMI-45		1.00	100.00				7:30	11:45
TORNO NARDINI		1.00	100.00				7:30	11:45
TORNO ROMI-45		1.00	100.00				12:30	17:18
TORNO NARDINI		1.00	100.00				12:30	17:18
FRES. 1 - ELETRODOS		1.00	100.00				7:30	11:45
FRES. 2		1.00	100.00				7:30	11:45
FRES. 3		1.00	100.00				7:30	11:45
FRES. 1 - ELETRODOS		1.00	100.00				12:30	17:18
FRES. 2		1.00	100.00				12:30	17:18
FRES. 3		1.00	100.00				12:15	17:48
CNC DYNA		1.00	100.00				6:00	11:45
CNC 800		1.00	100.00				6:00	11:45
CNC 1000		1.00	100.00				6:00	11:45
CNC DYNA		1.00	100.00				6:00	11:45

Figura 5. Alguns recursos primários e seus respectivos turnos de trabalho

A Figura (6) mostra um plano de processo padrão, para o componente cavidade, onde é possível se visualizar o código do componente, as operações e o grupo de recursos onde se encontra a máquina ou dispositivo que será utilizado na operação/atividade.

Banco de Dados de Produtos do PREACTOR				
Código	Produto	Operação Nº	Operação	Grupo de Recursos
200	CAVIDADE	10	OP. PAI	PAI
		300	DESBASTE - CNC	CENTRO DE USINAGEM
		300	ACABAMENTO	CENTRO DE USINAGEM
		300	RETIFICAR PLANO	RETIFICADORA
		300	PENETRAÇÃO	ELETROEROSÃO
		300	ESQUADREJAMENTO - MAN	MANDRILADORA
		300	POLIMENTO	POLIMENTO
		300	ELETROEROSÃO A FIO	ELETRO A FIO - TERC.
		300	TRATAMENTO TÉRMICO	TART. TÉRMICO
		300	PROGRAMAÇÃO 3D	PROG. 3D
		300	PROGRAMAÇÃO 2D	PROG. 2D
		300	SERV. BANCADA	BANCADA
		300	OP. FRESA	FRESADORAS
		300	ELETRO - TERC.	ELETRO - TERC.
100	MACHO	10	OP. PAI	PAI
		300	DESBASTE - CNC	CENTRO DE USINAGEM

Figura 6. Operações de fabricação para alguns componentes de um molde

Uma vez cadastrados os componentes e seus planos de processo, foram realizados testes preliminares, com o objetivo de se verificar a integridade da estrutura de produto elaborada. A Figura (7) apresenta o plano de processo para alguns componentes do molde. O código 502/100 do campo “Nº de ordem” representa, a ordem de serviço 502, ou seja, o molde para um determinado cliente e um de seus componentes, neste caso um “macho” cujo código é 100 ou uma “cavidade cujo código é 200.

Show	Código	Produto	No. da O.S.	Nº da Ordem	Operação Nº	Operação
Sim	100	MACHO	502	502/100	10	OP. PAI
					10	ESQUADREJAMENTO - MANDRILADORA
					20	DESBASTE - CNC
					30	TRATAMENTO TÉRMICO
					40	RETIFICAR PLANO
					50	ACABAMENTO
					60	PENETRAÇÃO
					70	POLIMENTO
					80	SERV. BANCADA
Sim	200	CAVIDADE	502	502/200	10	OP. PAI
					10	ESQUADREJAMENTO - MANDRILADORA
					20	DESBASTE - CNC
					30	TRATAMENTO TÉRMICO

Figura 7. Lista de operações alguns componentes de diferentes ordens de serviço

Assim cada pedido é representado por uma estrutura de informações do produto, que apresenta os seus componentes e suas respectivas operações/atividades em determinados recursos. Esta estrutura aplicada para ao sequenciamento de atividades de fabricação da empresa, a medida que cada uma das atividades previstas em cada um dos componentes contidos na estrutura tem a previsão de tempo necessária a sua execução.

A medida que as ordens de serviço estão cadastradas no sistema, é possível a realização de diversas simulações podendo-se prever de maneira mais segura, se a data de entrega prevista para o cliente poderá ser cumprida, ou se for necessário, reorganizar as ordens de produção para a efetiva entrega do molde no prazo correto. A Figura (8) apresenta, o gráfico de Gantt, onde é possível se

verificar o resultado do uso da estrutura de informações do produto aplicada ao planejamento e programação da produção da empresa Gama.

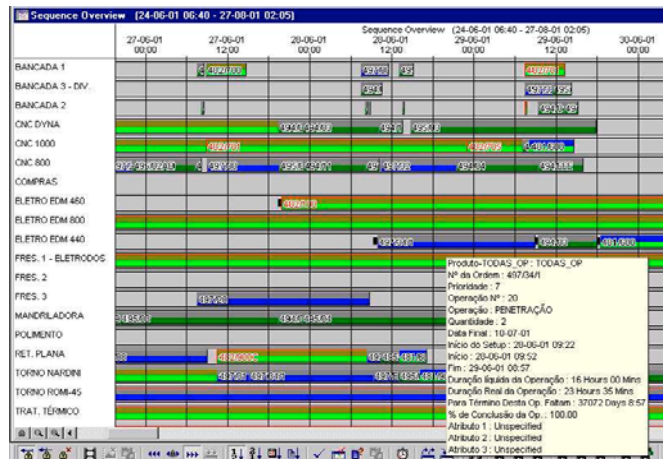


Figura 8. Gráfico de Gantt.

5. CONCLUSÕES

Conhecer bem o produto que fabrica e a capacidade dos recursos disponíveis é um requisito fundamental para qualquer empresa que busca agilidade e flexibilidade no processo produtivo. Contudo quando se tratam de ferramentarias, existem dificuldades devido ao fato de que cada molde de injeção é um produto único. Um enfoque para a solução destes problemas está no uso de modelos de informações de produtos os quais facilitam a estruturação e o gerenciamento de grandes quantidades de informações. Além de facilitar o gerenciamento, os modelos de informações do produto, por possuírem uma base de dados única, evitam que as informações sejam duplicadas, reduzindo o risco de serem utilizadas informações desatualizadas durante o desenvolvimento de um produto.

A medida que as informações sobre o ciclo de vida do produto ficam armazenadas é possível que sejam reutilizadas em projetos futuros, reduzindo, em muitos casos, o tempo de desenvolvimento.

O uso de um sistema computacional para o sequenciamento da produção trás a possibilidade da ferramentaria prever com uma maior segurança, o prazo de entrega de um molde. Observa-se que para a implantação de um sistema de PCP em ferramentarias, com sucesso, é imprescindível que a empresa disponha do projeto completo do molde no momento de criar a estrutura de informações do produto, pois somente assim será possível obter-se simulações confiáveis.

As estruturas de informações necessárias para o desenvolvimento deste trabalho, foram criadas dentro de um aplicativo específico, no caso um sistema de PCP. Entretanto em aplicações futuras deverá ser utilizado um banco de dados, capaz de armazenar todas as informações do modelo de informações do produto.

A medida que as estruturas de informações do produto ficam armazenados em um banco de dados, a recuperação de suas informações é bastante rápida, permitindo em muitos casos auxiliar na determinação dos custos de um novo pedido, desde que o molde apresente uma certa similaridade com algum anteriormente produzido. Embora este aspecto não tenha sido tratado diretamente neste trabalho, isso representa uma vantagem para a empresa, pois a determinação do custo de um molde está diretamente associado ao tempo necessário as operações de fabricação.

6. AGRADECIMENTOS

A Universidade de Caxias do Sul (UCS), a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e a Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul

pelo apoio financeiro. A Tecmaram pelo cedência do sistema *Preactor*® e a Gama Indústria de Matrizes pela disponibilidade de tempo e recursos para a realização deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- Alam, M. R., et al, 2000, “Automated Process Planning for the Manufacture of Sliders”, *Computers in Industry*, Vol. 43, pp 249-262.
- Costa, C. A., Young, R. I. M., 1999, “Uma Revisão em sistemas Baseados em Inteligência Artificial para Suporte ao Projeto de Moldes de Injeção”, *Revista do CCET, Universidade de Caxias do Sul*, Vol. 2, No 2, pp14-32.
- Costa, C. A., 2001, “A Aplicação da Linguagem de Modelagem Unificada (UML) para o Suporte ao Projeto de Sistemas Computacionais Dentro de um Modelo de Referência”. *Revista Gestão e Produção, Universidade Federal de São Carlos*, Vol. 8, No 1, pp 19-36.
- Molina, A., et al, 1995, “Modelling Manufacturing Capability to Support Concurrent Engineering”. *Concurrent Engineering: Research and Applications*, Vol. 3, No 1, pp 29-42
- McKay, A., Erens, F., Bloor, M. S., 1996, “Relating Product Definition and Product Variety”. *Research in Engineering Design*, Vol. 2, pp 63-80.
- Tichem, M., Storm, T., 1997, “Designer Support for Product Structuring-development of a DFX Tool within the Design Coordination Framework”. *Computers in Industry*, Vol. 33, pp 155-163.
- Tubino, D. F., 1997, *Manual de Planejamento e Controle de Produção*. São Paulo: Atlas.

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído em seu trabalho.

THE APPLICATION OF AN INFORMATION STRUCTURE TO SUPPORT INJECTION MOLDS MANUFACTURING

Marcos A. Luciano
malucian@ucs.tche.br

Carlos A. Costa
cacosta@ucs.tche.br

University of Caxias do Sul - UCS
Department of Mechanical Engineering
P.O.Box. 1352
ZIP Code 95001 – 970, Caxias do Sul – RS - BRAZIL

Abstract: The growing application of injected plastic components has demanded high flexibility, agility and short delivery time from the injection mold companies. Such factors have been decisive in the selection process of a mold maker supplier. This work argues in favor of the application of an information structure that can support the development process of injection molds, particularly focused on the production planning. In addition to a better definition of the delivery dates, such an approach allows storing information about the injection mold development process. The article shows an generic information structure, which considers the different components of an injection mold and their process plans and manufacturing resources. The application of this information structure is realized together with a commercial production and control planning system.

Keywords: Product structure, product model, injection mold, PCP