

IMPLANTANDO CÉLULAS DE MANUFATURA EM UMA EMPRESA COM FABRICAÇÃO SOB ENCOMENDA

Eduardo Vila Gonçalves Filho, PhD

Laboratório de Máquinas Ferramentas - Lamafe
USP - São Carlos

Antonio Carlos Christiano, MsC

Engenheiro Mecânico da SADE -VIGESA

O presente artigo trata do projeto e implantação de células de manufatura em uma empresa produtora de bens de capital sob encomenda. Um sistema de classificação e codificação é utilizado como ferramenta no projeto de células. As diversas células formadas são descritas assim como os resultados obtidos após a implantação das mesmas.

Palavras-chaves: células de manufatura, projeto de células de manufatura, implantação de células de manufatura, fabricação sob encomenda, bens de capital.

1. Introdução

O aumento na diversificação dos produtos, as constantes inovações, a diminuição no tamanho dos lotes, a conveniência de se tornar independente com relação às encomendas governamentais, as fortes pressões por preços e prazos e a necessidade de ser competitivo internacionalmente têm levado as empresas brasileiras a uma busca de novas formas e filosofias de produção.

De forma geral, com exceção das companhias de produção seriada, as empresas trabalham com uma estrutura de chão de fábrica conhecida como Layout Funcional, onde os equipamentos estão dispostos por grupos de máquinas, ou seja, a seção de tornos paralelos, a seção de tornos revolveres, a seção de fresas, a de furadeiras, etc... .

A peça fica pronta ao se movimentar pelos diversos grupos de máquinas necessárias para produzi-la. O lote de peças só é movimentado, de um grupo de máquinas para outro, quando todas as peças do lote forem concluídas naquele determinado grupo de máquina.

É normal observar em frente a cada máquina, pilhas de peças esperando para serem processadas, colocadas ali pelos programadores de produção, com o objetivo de não deixar nenhuma máquina parar por falta de serviço.

Como consequência tem-se um alto índice de inventário em processo, imobilizando o capital de giro da empresa. Além disso, a programação e o controle de produção nesse ambiente são extremamente difíceis de serem realizados.

Isto gera incerteza nos prazos de entrega com consequente perda de lucratividade e competitividade.

A alternativa que melhores resultados vem oferecendo às empresas são as chamadas Células de Manufatura.

Além de permitir uma ascensão nos níveis de produtividade da empresa, a custos relativamente baixos, ela é o caminho correto para a absorção de tecnologias de ponta, como os Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS).

2. Projeto das Células

O método utilizado na aplicação prática descrita neste artigo é o baseado em um sistema de classificação e codificação. Este método foi escolhido por ser o que melhor se adaptava às necessidades da empresa.

Para se montar um sistema de classificação é necessário levantar, no arquivo de peças da companhia, uma amostra, cujo tamanho é dependente do tamanho total daquela determinada classe de peças e, analisando suas características, montar uma árvore de classificação como mostrado na figura 1.

Figura 1 - Exemplo de Classificação de Engrenagens

A montagem do sistema de classificação é feito através das matrizes de codificação que contêm todas as informações estruturadas na árvore de classificação, conforme a figura 2.

Codificando uma amostra, 2 a 3 vezes maior do que a selecionada para a estruturação do sistema de classificação é possível montar as famílias de peças, cujos desenhos podem ser guardados em pastas de arquivos, pela ordem crescente de código TG.

Figura 2 - Exemplo de Matriz de Codificação

Para cada uma dessas famílias deve ser criado um roteiro padrão de fabricação, capaz de executar todas as peças pertencentes à família.

Ao mesmo tempo deverão ser estruturados os equipamentos existentes na companhia.

TORNOS PARALELOS				
Grupo	Máquina	Diâmetro	Comprimento	Características
Leve	P400 MDA	120	600	
Médio	E40 E40A	280 350	1500	

Pesado	18 U MKD-II	410 520	1600 1800	CN
--------	----------------	------------	--------------	----

Figura. 3 - Exemplo de Estruturação dos Equipamentos: Tornos Paralelos.

É recomendado estruturar os equipamentos dividindo-os em grupos leves, médios e pesados. Nas peças rotacionais o fator de estruturação é o diâmetro e nas peças cúbicas é o cubo que contém a peça.

No exemplo da figura 3 as dimensões de diâmetro e comprimento não são as máximas que a máquina suporta, mas as ideais de trabalho, onde por exemplo não é preciso trocar a placa ou fazer qualquer tipo de adaptação no equipamento, que envolva uma parada excessiva na produção.

O código TG desenvolvido na empresa é composto de duas partes: Código das Características Geométricas e Código Complementar.

As características geométricas definem a forma básica, por exemplo, rotacional e contêm os elementos de forma, tais como: furos, roscas, canais, dentes, etc.

Os complementos são usados para refinar as famílias em termos de quantidade e introduzir informações adicionais que permitam ampliar a abrangência do projeto, não limitando-o somente à montagem de Células de Manufatura.

Os complementos contêm itens de classificação tais como: tipo da matéria-prima e tratamento térmico, tipo de acabamento da peça, maior diâmetro existente, comprimento entre extremidades e a forma inicial da matéria-prima.

A transformação do sistema de manufatura foi feito nas áreas de Corte Leve e Corte Pesado e Usinagem Leve, sendo que neste artigo será descrita a Fábrica de Engrenagens, parte integrante da Usinagem Leve.

Agrupando as peças em famílias, baseado no código TG das peças, foram montadas as seguintes Células e áreas de Manufatura, para a produção de engrenagens:

- Célula de Desbaste
- Área de Tratamento Térmico
- Célula de Acabamento de Engrenagens
- Célula de Acabamento de Eixos
- Área de Fresamento Leve de Engrenagens
- Célula de Fresamento Pesado de Engrenagens
- Áreas de Retífica de Engrenagens

A **Célula de Desbaste**, figura 4, é utilizada não só para a fabricação de engrenagens, mas também para desbastar todas as peças rotacionais, limitadas ao diâmetro externo de 560mm, ou seja, oitavo dígito do Código TG 5.

Por ser uma célula exclusivamente dedicada a desbastar peças, utilizando croqui e não desenho, sem maiores compromissos com qualidade superficial, foi possível conciliar máquinas problemáticas, operadores em fase de evolução na companhia e ferramental, chegando a três pontos importantes:

- A taxa média de remoção de cavaco era de 30 Kg/Hora (desbaste e acabamento). Hoje ela é de 60 Kg/Hora, só no desbaste, chegando em algumas famílias, com alto volume de sobremetal, 90 Kg/Hora.

- O índice de Ciclo (definido na seção 3) na Célula de Desbastes alcançou uma média de 21.8% no ano de 1989, o que representa um índice, 05 vezes melhor do que a média do sistema funcional, que era de 4.3%.

- A célula está sendo utilizada para balancear o volume de material em processo.

Figura 4 - Layout da Célula de Desbaste

No Layout funcional as serras estavam longe da área de usinagem e cortavam o material ininterruptamente, mantendo as máquinas constantemente trabalhando. Isso causava dois grandes problemas à companhia:

1 - Um enorme acúmulo de material em processo nas áreas de entrada da usinagem.

2 - Quando o material era cortado, a baixa era imediata no sistema de materiais. Ao alcançar os níveis mínimos de estoque, era novamente comprado. Havia dessa forma, uma considerável parcela do capital de giro empregado em estoque de almoxarifado e em material em processo.

Com as serras alocadas no início das mesas de rolo, o controle do material em processo foi simplificado adotando-se o descrito a seguir.

Na fig. 4 pode ser visto uma entrada para eixos (pontas) e uma para bolachas (placas) . Existe uma serra para cada uma dessas entradas de material. A parte de eixos é dividida em eixos leves e médios e eixos pesados, existindo divisão equivalente para placas. Em cada uma dessas divisões foram instalados interruptores, ligados diretamente a uma sirene e a um sistema de luzes, para cada uma das serras, com o seguinte funcionamento:

Interruptores leve/médio dispara sirene acende a luz amarela

Interruptores Pesado dispara sirene acende a luz verde

Quando o operador sente que, em duas ou três horas ficará sem serviço (mesa de rolo ficando vazia), aciona o interruptor de sua área. Imediatamente, a sirene dispara próximo à serra correta para cortar o material e a luz indica qual o tipo a ser cortado.

Próximo à cada serra e com a mesma sub-divisão da Célula de Desbaste, o Controle de Produção alocou um quadro onde está definida a prioridade de corte. O operador então, corta as duas ou três primeiras Ordens de Fabricação da Lista.

O **Tratamento Térmico** foi montado em prédio separado, dedicado a facilitar o trabalho, prevendo inclusive, possíveis substituições de equipamentos e expansão da capacidade.

A **Célula de Eixos** foi montada conforme figura 5 .

A diferenciação entre um eixo-pinhão e uma engrenagem é feita pela relação, comprimento (L) / diâmetro (D)

$$\frac{L}{D} > 1 \quad \text{EIXO} \qquad \frac{L}{D} < 1 \quad \text{ENGRENAGENS}$$

As mesas de rolo são utilizadas para:

- Possibilitar o transporte de peças, em áreas de difícil acesso devido à proximidade dos equipamentos.
- Identificar, visualmente, possíveis problemas na produção da célula.

Figura 5 - Layout em 2 "U" para a Fabricação de Eixos

Quando a mesa de rolos acumula peças em frente a um posto de trabalho da célula, fica visível a necessidade de intervenção do administrador. Ou algum problema está ocorrendo, e uma ação precisa ser disparada ou este é o gargalo de produção que precisa ser minimizado pelos operadores do segundo turno.

A linha interna é destinada às peças leves, com diâmetro máximo de 200mm. Portanto podem ser usinadas nesta linha, os eixos cujo 8º dígito, do código TG seja 0, 1 ou 2 e sendo o 9º dígito, menor ou igual a 06 mantida a relação $L/D > 1$.

A **Célula de Engrenagens** e a **Célula de Fresamento Pesado de Engrenagens** seguem as mesmas filosofias, com a exceção de que, no Fresamento Pesado, o Transporte não é feito com mesas de rolos devido ao peso e tamanho das peças.

A **Área de Fresamento Leve** e a **Área de Retíficas**, não são consideradas células, pois basicamente realizam apenas uma operação.

Os motivos que justificaram a montagem dessas áreas foram:

- **Fresamento Leve**

A operação fresar é bastante longa quando comparada com torner, furar e etc...

Esta operação exige uma formação especial do operador. Como a empresa trabalha com lotes praticamente unitários, optou-se pela melhor formação do operador e pela não utilização do preparador de máquinas.

Foi possível montar um Layout onde um único operador atuasse em até três máquinas simultaneamente, aproveitando o longo Ciclo de Corte.

Como a demanda é instável, ora produtos que usam mais eixos-pinhões, ora produtos que usam engrenagens prensadas, a alocação dessas máquinas em uma célula tornou-se inviável.

- **Retífica de Engrenagens**

O principal motivo foi a necessidade de construir um local com temperatura e umidade controladas, e bases isoladas de vibrações.

3. Resultados

A fábrica de engrenagens vem apresentando um desenvolvimento ascendente, desde o início da implantação.

Um dos parâmetros utilizados para medir o desempenho das células é o índice de ciclo, definido como:

$$IC = \frac{TEMPO\ APONTADO}{TEMPO\ DE\ PERMANÊNCIA}$$

Onde, Tempo Apontado é o tempo da peça nas estações de trabalho e Tempo de Permanência é o tempo total para a fabricação da peça, contado desde o corte da matéria prima até a peça acabada.

Quanto maior esse índice, melhor é o fluxo dos materiais pela fábrica.

Partindo do Índice de Ciclo comum à toda Usinagem Leve, de 4.8% ele alcançou uma média de 9.2% no primeiro ano de implantação das Células.

A evolução, nesse primeiro ano, do Índice de Ciclo pode ser vista na tabela 1.

A média anual é de 12.5% . A queda no mês de maio foi resultado do período de greve (15 dias), por que passou a companhia e que refletiu em Abril e Junho.

Descontados esses três meses, o Índice de ciclo é de 14.7% e com evolução ascendente que deverá propiciar melhores resultados nos próximos anos.

Tabela 1: Evolução do Índice do Ciclo

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
11.3	11.4	12.5	10.2	6.8	11.6	13.3	11.4	14.3	17.3	20.3	20.3

A tabela 2 mostra a comparação de uma engrenagem com 100 horas de tempo máquina, sendo fabricado no Layout Funcional e no Layout Celular.

Tabela 2: Quadro Comparativo: Sistema Funcional x Sistema Celular

SISTEMA	ÍNDICE DE CICLO	TEMPO DE PERMANÊNCIA	
		HORAS	MESES
FUNCIONAL	4.3%	2326	8.6
CELULAR	14.7%	680	2.5

A redução de 06 meses representa um aumento da competitividade, um retorno mais rápido do capital investido e uma profunda diminuição do inventário em processo.

Ganhos não mensuráveis como: facilidade na administração da área, satisfação dos funcionários, melhoria da qualidade, etc, são também perceptíveis para quem acompanha o dia-a-dia da Fábrica de Engrenagens.

Um ganho de fundamental importância que um Sistema de Classificação e Codificação e um Sistema Celular oferecem é um conhecimento minucioso de cada área e de cada família de peças. Com isso é possível montar uma base de informações e a partir daí desenvolver trabalhos tais como:

Sistema de Programação e Controle da Produção num Layout Celular.

CAPP - Geração de Roteiros de Fabricação com Auxílio do Computador.

Padronização do Ferramental; etc...

4. Conclusão

A introdução dos conceitos de Tecnologia de Grupo e de Células de Manufatura é uma missão que demanda muito estudo, muito treinamento e um desenvolvimento participativo dos vários níveis da organização.

Os resultados melhoram com a mudança mas, a evolução de resultados só é considerável, quando a filosofia de administração de materiais e pessoal passa a ser compreendida e aplicada no chão de Fábrica, o que demanda tempo e reciclagem nos treinamentos.

Com a evolução dos conhecimentos, a velocidade de produção das peças aumenta consideravelmente. Porém, as células de manufatura enxergam peças e não conjuntos ou obras. Desta forma um sistema de planejamento, estruturado para funcionar com células de manufatura, deve ser montado.

O que se pode dizer é que com o volume de conhecimentos oferecidos pelo novo sistema, é mais fácil o planejamento e a probabilidade de melhores resultados é muito maior.

Bibliografia:

AGOSTINHO, O. L.: Notas de Aula do curso: **Sistemas Flexíveis de Manufatura**. EESC-USP, São Carlos, 2º Semestre/1986.

BITRAN, G. R.: Notas de Aula do curso: **Estratégia & Manufatura nos Anos 90**. São Paulo, Junho/1987.

BULLINGER, H. J. & LENTES, H. P.: "The future of work. Technological, Economic and Social changes". **International Journal of Production Research**, 20 (3), p. 259-296, March/1982.

CAI, J. & HAM, I.: "Development of a Group Technology classification and coding scheme by modifying a publicly available system". In: **Proceedings of North American Manufacturing Research Conference**, p. 461-467, May/1982.

CHRISTIANO, A. C.: **Projeto e implantação de Células de Manufatura em uma empresa produtora de bens de capital sob encomenda.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 1989, 135p.

GONÇALVES FILHO, E. V.: **Introdução à Tecnologia de Grupo: um novo enfoque em sistemas de produção.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 1982, 128p.

HAM, I.: "Introduction to Group Technology". **Society of Manufacturing Engineers, (SME n. MMR76-03)**, 1976.

IMPLEMENTATION OF MANUFACTURING CELLS IN A COMPANY PRODUCING CAPITAL GOODS

ABSTRACT - This paper deals with design and implementation of manufacturing cells in a company producing capital goods. A Classification and Coding System is the tool adopted for cell design. Several cells were formed and implemented. They are detailed and described along with the achieved results.

Key-words: *manufacturing cells, design of manufacturing cells, implementation of manufacturing cells, production by order, capital goods.*