

5. Referências Bibliográficas

- (1) - SCHEY, J. A., Metal Deformation Processes - Friction and Lubrication, M. Decker, New York, 1970, pp. 83-142.
- (2) - JURETZEK, G. e FIRRMANN, H., Lubrificação Hidrodinâmica na Trefilação - Revista da Assoc. dos Eng's. Alemães de Mineração e Siderurgia, Leipzig, 1965, caderno 4, pp. 393-399.
- (3) - WISTREICH, J. G., Australas Eng., 1954, march, pp. 61-66.
- (4) - REYNOLDS, O., Phil. Trans. Roy. Soc., 1866, pp. 156-162.
- (5) - VOGELPOHL, G., Oel und Kohle, 12, 1936, pp. 943-947.
- (6) - MILLIKEN, M. P., Wire, Prod., 30, 1955, pp. 560-592.
- (7) - MOSCEV, V. F. e KOROSTELIN, A.A., Stal in Dentsch, 1962, caderno 9, pp. 898-900.
- (8) - TOURET, R., Wire Prod. 30, 1955, pp. 299-303.
- (9) - MAC LELLAN, G. D. S. e CAMERON, A., British Patent Specification nº 566434, 1943.
- (10) - CHRISTOPHERSON, D. G. e NAYLOR, H., J. Inst. Petrol., 40, 1954, pp. 295-298.
- (11) - CHRISTOPHERSON, D. G., British Patent nº740900/DBP1002273.
- (12) - REISHAUS, M., Mash Markt, 64, 1959, caderno 8, p. 7.
- (13) - BUTLER, L. H., J. Inst. Metals, 93, 1965, pp. 123-125.
- (14) - VASILEV, D., Stal in English, 1963, pp. 492-493.
- (15) - THOMPSON, P. F., HOGGART, J. S. e SUITER, J., J. Inst. Metals, 95, 1967, pp. 152-156.

SISTEMAS DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS DE CONFORMAÇÃO: O PRIMEIRO PASSO RUMO A FLEXIBILIDADE DE PRODUÇÃO

MARCOS ANTONIO DE LIMA (1)

NELSON CARVALHO MAESTRELLI (2)

RESUMO

Os processos de Conformação Plástica dos Metais sempre estiveram ligados aos conceitos de produção em massa ou de grandes lotes. Isto se deve basicamente as características inerentes a eles como ferramental dedicado, custo elevado de equipamentos, altos tempos de troca de ferramentas, dentre outros, que dificultam a aplicação desses processos para pequenos lotes.

Com a significativa alteração dos processos produtivos que vem se dando na última década, particularmente com a tendência de alta diversificação e pequenos lotes de fabricação, os processos de conformação também vêem-se obrigados a se adaptar a esta nova realidade.

O presente trabalho pretende discutir, neste contexto, a flexibilização dos processos de conformação plástica, indicando como um dos primeiros passos a redução do tempo de troca de ferramentas, destacando as técnicas básicas dos sistemas de troca rápida, aplicações a diferentes processos e a interrelação com a Tecnologia de Grupo.

-
- (1) .Professor do Departamento de Engenharia de Métodos e Processos do Centro de Tecnologia da Universidade Metodista de Piracicaba, Rodovia Santa Bárbara - Iraceópolis, Km 1. 13450, Santa Bárbara D'Oeste, São Paulo (0194)63.2311.
 - .Professor do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
 - (2) .Professor do Departamento de Engenharia Mecânica do Centro de Tecnologia da Universidade Metodista de Piracicaba.

3172586

A manufatura de bens tem sofrido nas últimas décadas, grandes alterações em seu perfil, devido a necessidade de atender as exigências do mercado. Essas alterações devem-se principalmente a alguns fatos, como a redução da vida média dos produtos e o aumento da diversificação destes.

A filosofia de grandes séries e produção em massa, características das décadas de 50 e 60, começaram a mostrar-se inadequados para atender a novas solicitações do mercado.

Isto se deve ao fato de que nestas instalações industriais prevalecem equipamentos com automação rígida, que são perfeitamente adaptados a grandes produções. Entretanto, mostram-se muito ineficientes para a produção diversificada.

Desta forma, torna-se imperiosa a adequação da manufatura à nova realidade de mercado, para que se mantenham estáveis os índices de produtividade.

Os processos de conformação plástica dos metais sempre estiveram ligados aos conceitos de produção em massa, e por consequente, à automação rígida. Isto se deve basicamente as características inerentes a estes processos, como: ferramental dedicado, custo elevado de equipamentos, tempo de preparação de máquinas elevado, dentre outros que inviabilizaram a aplicação desses processos para pequenos e médios lotes.

As alterações no perfil da manufatura também tem afetado os processos de conformação, que vem respondendo aos desafios de produção flexível, embora em ritmo menor que o de processo de usinagem.

Os desenvolvimentos nesse sentido, passam pela utilização de máquinas de conformação a Comando Numérico, pelos Sistemas Flexíveis de Manufatura e pelo desenvolvimento de Sistemas de Troca Rápida de Ferramentas, que discutiremos ao longo deste trabalho.

II. FLEXIBILIDADE DA PRODUÇÃO

O conceito de flexibilidade vem sendo muito discutido nos últimos tempos, por vários pesquisadores. F. Caputo apresentou a seguinte conceituação de flexibilidade no CIRP em 1982, onde distingue vários tipos de flexibilidade: (1)

1. "Flexibilidade: habilidade de responder efetivamente a circunstâncias de mudanças";
2. "Flexibilidade de Ação: capacidade de assumir novas circunstâncias";
3. "Estado de Flexibilidade: capacidade de continuar funcionando, a despeito das mudanças";
4. "Flexibilidade de Trabalho: habilidade do sistema de se adequar aos trabalhos (operações) a serem processados";
5. "Flexibilidade de Célula: habilidade do sistema de se adequar a mudanças e alterações nas máquinas ou nas estações de trabalho, ao nível dos outros componentes da máquina";

Com as significativas alterações nos sistemas produtivos, motivados principalmente pelo novo perfil do mercado consumidor e pela redução da vida dos produtos, a flexibilidade ganha uma importância muito grande na manufatura moderna.

Os processos de usinagem tem apresentado um desenvolvimento muito grande neste sentido, através de máquinas C.N.C. células de Manufatura, Sistemas Flexíveis de Manufatura.

Por outro lado, os processos de Conformação Plástica, ainda estão muito presos aos grandes lotes, existindo apenas alguns desenvolvimentos neste sentido (2), com a aplicação de C.N.C. e a utilização de Células Flexíveis.

A dificuldade de adaptação às novas necessidades de manufatura deve-se principalmente a alguns fatores como:

- . utilização de ferramental dedicado;
- . custo do ferramental;
- . grandes tempos de preparação de máquina.

Analisando a flexibilidade através dos índices de Flexibilidade (1) que foram desenvolvidos no sentido de possi-

bilizar a sua avaliação, pode-se observar que fatores como: tempos improdutivos, tempos de montagem de máquinas, reduzem a flexibilidade do processo, à medida em que crescem. (3)

Os tempos improdutivos são aqueles gerados por paradas de máquina, tempos perdidos por falta de ferramentas e matéria prima e tempos de fila, que são basicamente decorrentes do grau de organização da empresa.

O tempo de preparação de máquina é um fator de grande relevância nos processos de conformação, podendo inviabilizar o trabalho em pequenos lotes. Isto se deve ao aumento do número de preparação de máquinas decorrentes deste tipo de produção. Juntamente com o tempo de troca de ferramenta alto, ele pode comprometer o tempo disponível, reduzindo drasticamente a flexibilidade.

Desta forma, o desenvolvimento do Sistema de Troca Rápida vem no sentido de flexibilizar os processos de conformação plástica e viabilizar o trabalho com lotes de fabricação mais reduzidos.

III. SISTEMAS DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

O tempo de troca de uma ferramenta é definido como: o tempo decorrido normalmente entre a produção da última peça de um item, e a produção da primeira peça de um outro item, em ritmo normal de produção. Este tempo inclui as atividades de preparação, posicionamento, fixação, ajuste, inspeções, até a aprovação final da peça.

O tempo gasto para estas atividades em prensas grandes normalmente é muito alto, chegando em alguns casos a 8 horas.

A partir da década de 70, as fábricas japonesas conseguiram reduzir significativamente este tempo, chegando a tempo de troca da ordem de 10 a 15 minutos.

Isto fez com que houvesse uma melhoria na flexibilidade, possibilitando a fabricação de lotes menores.

O tempo de troca de uma ferramenta pode ser subdividido em 4 fases básicas:

1. Preparação: é a fase de desenvolvimento dos meios necessários à produção, exatamente na forma como serão utilizados;

2. Posicionamento: é o deslocamento de todo o ferramental para a posição de trabalho e o seu regresso ao almoxarifado;

3. Fixação: é o evento de fixar adequadamente o ferramental, na posição de trabalho e retirá-lo após a execução da operação;

4. Ajustes e Avaliação: são os ajustes necessários no ferramental, no equipamento para o início da produção e as respectivas avaliações e inspeções.

Para a introdução do Sistema de Troca Rápida deve-se observar uma série de procedimentos, que resultarão na redução do tempo total de troca de ferramenta.

O primeiro procedimento é tentar transformar as atividades internas em atividades externas (4). Para tanto, deve-se inicialmente identificá-las e separá-las. As atividades externas são todas aquelas que podem ser transferidas para a preparação fora da máquina. As atividades internas são todas as atividades que não podem ser transferidas para a atividade de preparação antecipada. Estas devem ser analisadas cuidadosamente, de modo a que se possa reduzi-las. Nesta fase inclui-se posicionamento, fixação e ajustes. (5)

A adoção de padronização de ferramental é outro procedimento que apresenta resultados muito significativos na redução dos tempos de preparação. Esta prática representa, no projeto de ferramental novo, benefícios a um custo muito baixo, e pode ser progressivamente implantada.

A Fixação rápida pode ser implementada no sentido de se reduzir os tempos internos. Existem várias alternativas que podem ser desenvolvidas com maior e menor sofisticação. Entretanto, a utilização de prendedores hidráulicos tem se mostrado muito satisfatória.

Outro procedimento é a adoção de meios auxiliares de deslocamento e posicionamento rápido. Isto facilita a troca,

particularmente para ferramental pesado, que normalmente utiliza empilhadeiras ou pontes rolantes, nem sempre dispo-
níveis no momento preciso.

Para uma troca rápida, é conveniente utilizar-se siste-
mas específicos em cada máquina. No caso de pesos até 1 ou 2
toneladas são normalmente utilizados braços articulados, es-
feras ou roletes com levantamento hidráulico e deslocamento
horizontal manual. Para pesos superiores, utilizam-se mesas
motorizadas.

Adotar operação paralela é outro procedimento que pode
reduzir os tempos internos. Muitas vezes, uma única seqüên-
cia de atividades não é necessária, sendo viável a utiliza-
ção de operações paralelas.

Outra alternativa é a mecanização do sistema de troca
de ferramental. Todos os Sistemas de Troca Rápida da ordem
de 1 minuto são conseguidos com grande mecanização e conse-
quentemente com gastos elevados. Chegam, muitas vezes, a um
custo adicional de 100% do custo da máquina.

A adoção de algumas dessas medidas, ou progressivamente
de todas elas certamente levaria a uma redução substancial
do tempo de preparação. Outras medidas entretanto, devem ser
desenvolvidas conjuntamente:

1.A aplicação de Tecnologia de Grupo, montando-se famí-
lias de peças e utilizando-se ferramental de grupo, ou seja,
aplicados a uma família de peças:

2.O sequenciamento conveniente de produção também pode
reduzir consideravelmente os tempos de montagem, pois estes
são alterados pela operação precedente, de tal forma que po-
de-se montar uma seqüência conveniente reduzindo os tempos
de preparo de máquinas.

IV. CONCLUSÃO

Os sistemas de troca rápida são um importante passo no
sentido de se viabilizar o trabalho em conformação de peque-
nos e médios lotes. A sua implantação pode ser efetuada de
maneira progressiva, não necessitando grande investimento
inicial.

A redução do tempo de montagem é ainda função de outros
fatores como organização da produção, aplicação de Tecnolo-
gia de Grupo, sequenciamento conveniente da produção dentre
outros, que precisam ser desenvolvidos conjuntamente para
que a flexibilidade de produção aumente.

Desta forma, os sistemas de troca rápida são o primei-
ro passo rumo a flexibilização dos processos de conformação.
Entretanto, deve ser desenvolvido conjuntamente com a im-
plantação de novas técnicas organizacionais, com a automoti-
zação programável e integrada de todos os sistemas.

EDSON GOMES⁽²⁾
 e
 ETTORE BRESCIANI FILHO⁽³⁾

RESUMO

É objetivo deste trabalho, apresentar e discutir as possibilidades da utilização do Método dos Elementos Finitos Linear e Não-Linear na Conformação Plástica dos Metais. A importante questão dos custos de fabricação é apresentada como um importante fator a ser considerado como parâmetro nas opções de análise por métodos computacionais, onde o Método dos Elementos Finitos é considerado o mais importante na atualidade. Finalmente, são apresentados alguns resultados obtidos da literatura técnica, mostrando a conformidade e a importância da questão da confiabilidade dos resultados quando comparados com dados resultantes de experimentos e de análise pela modelagem matemática.

1. INTRODUÇÃO

A modelagem dos processos de fabricação pelo MEF - Método dos Elementos Finitos, segundo LOWE¹ [1988], do Sandia National Laboratories do Governo dos EEUU, oferece mais vantagens que as obtidas nos processos convencionais de modelagem clássica como

- (1) Apresentada na 4ª Simpósia de Conformação Plástica dos Metais realizada pela Escola Politécnica da USP e pela Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP De 26 a 28 de novembro de 1990 São Paulo, SP.
- (2) Engenheira Mecânica pela UNICAMP, Mestre em Reações Nucleares pela USP, Engenheira em Engenharia Mecânica pela University of Southern California-Los Angeles e Professora Assistente do Departamento de Engenharia Mecânica da USP.
- (3) Engenheira Aeronáutica pela USP, Doutor e Livre Docente em Engenharia Mecânica pela USP, Professor Titular do Departamento de Engenharia de Materiais da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AGOSTINHO, O.L., "Estudo de Flexibilidade dos Sistemas Produtivos" Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 1985.
2. MAMALIS, A.G. & BILALIS, N.G., "Flexible Manufacturing Systems in Metal Forming. Journal of Applied Metalworking". 4(2):130-141, 1986.
3. LIMA, M.A. & AGOSTINHO, O.L., "A Flexibilidade nos Processos de Conformação Plástica dos Metais", In: 3º Seminário sobre Automatização Industrial para a Região Sul/S.C.(1). Porto Alegre, 1989, Anais.
4. SHINGO, S. "A Revolution in Manufacturing: The SMED System", Cambridge, Productivity Press, 1985.
5. MATEUS, J.P. "Produtividade: Troca Rápida de Ferramentas", Monografia, Universidade Metodista de Piracicaba, 1990, 63p.