



Processos de Otimização Aplicados a Usinagem

CRISTOVÃO FELIPE RIBEIRO GARCIA/ OTÁVIO RIBEIRO REIS

ORIENTADOR: ADRIANA DIACENCO

Resumo: No processo de usinagem existe várias variáveis envolvidas consistindo em um problema de otimização multiobjetivo. A diminuição do tempo de manufatura é possível conhecendo-se os parâmetros ideais para o melhor desempenho da ferramenta. Entretanto isto nem sempre é possível visto que os parâmetros de corte estão entre um grande intervalo de valores. Para a obtenção de ferramentas com melhor desempenho e para a diminuição do custo de manufatura da peça se faz necessário otimizar o processo. Para tanto, este trabalho trata de processos de otimização aplicados à usinagem tendo como variáveis os parâmetros de corte. Este trabalho será formulado da seguinte forma: aspectos introdutórios sobre usinagem cnc e os principais parâmetros que influenciam o processo, levantamento bibliográfico sobre os processos clássicos e heurísticos de otimização e a aplicação de dois métodos de otimização aplicado ao problema de usinagem. A escolha de dois métodos de otimização diferentes aplicados ao mesmo problema de usinagem se justifica pois busca-se validar o problema.

Palavras-chave: Otimização. Processo. Usinagem.

1. Introdução

As empresas que dependem das operações de usinagem, vem cada vez mais procurando oportunidades de melhorias em seus processos. A importância da melhora nos processos, se dá para a manutenção da empresa no mercado visto que com a redução dos tempos e dos custos aumenta a competitividade da empresa.

As operações dependem de alguns parâmetros que podem ser otimizados, porém estes estão limitados à escolha correta ferramenta de desgaste, com bases em avanços, velocidades de corte e profundidade de corte. Estes dados que geralmente são indicados por fornecedores de ferramentas, que através de pesquisas encontram um valor médio seguro para a ferramenta. (DINIZ, COPPINI, VILELLA e RODRIGUES. 1989).

As ferramentas de otimização vêm ganhando espaço na área de usinagem, visto que atualmente existem softwares como o MatLab e/ou Minitab onde pode-se implementar um modelo de otimização do processo tendo como resultado a precisão dos parâmetros.

Atualmente existem muitos métodos de otimização e cada um deles apresenta vantagens em relação ao problema onde são aplicados (Ávila, 2006). A escolha do método depende de uma série de características do problema a ser otimizado, principalmente do comportamento da função, denominada função objetivo. A determinação da função objetivo é o principal problema a ser enfrentado em aplicações de engenharia, pois muitas vezes, é de difícil determinação. Para esta escolha, faz-se necessário um bom conhecimento das ferramentas de otimização.



De acordo com as características dos problemas, podem-se classificar as ferramentas de otimização em dois grandes grupos: programação linear e programação não-linear (Ávila, 2006). O primeiro grupo trata da resolução de problemas que sejam perfeitamente representados por um sistema de equações lineares. A programação não-linear trata de problemas essencialmente não lineares.

Através dos parâmetros de cortes, de um modelo matemático e utilizando o software MATLAB e/ou MINITAB pretende-se encontrar um valor ótimo da velocidade de corte, para usinagem com a ferramenta fresa de topo END MILL da ISCAR de 20mm de diâmetro com três arestas de corte para aço com alto teor de carbono, afim de contribuir com a indústria metalúrgica e desenvolvimento do Brasil.

Quando tratamos de usinagem CNC (Comando Numérico Computadorizado) Não podemos esquecer dos conceitos básicos de usinagem: O que é usinagem e sua importância. Os processos de usinagem podem ser entendidos como processos que confere a peça sua forma, dimensões e acabamentos através da remoção de material sobressalente na forma de cavacos. Segundo Ferraresi (1977), operações de usinagem são aquelas que submetem ao material bruto uma dimensão, acabamento ou forma, e qualquer combinações destes itens produz cavaco. Ainda de acordo com o autor cavaco é todo material retirado da peça pela ferramenta que apresenta uma superfície irregular.

Na sua grande maioria, pequenas e médias empresas não possuem um departamento contábil próprio e isso não é muito favorável, pois estas não conseguem obter o cálculo real dos seus custos de produção e um preço de venda ideal, visto que tradicionalmente para cálculo de custos de usinagem publicada na literatura considera os custos diretos de produção (DINIZ, 2001).

A seleção do material da ferramenta são influenciadas por sete parâmetros principais como: material a ser usinado, processo de usinagem, condição da máquina operatriz, forma e dimensionamento da ferramenta, custo do material da ferramenta, condições de usinagem e condições da operação (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2001). Quanto da ferramenta, a escolha do inserto (ferramenta de desbaste) a ser utilizado existem alguns fatores que influenciam sua durabilidade como: a geometria, sua liga (composição do seu material) e seu revestimento (COSTA e SANTOS, 2006). No instante de desbaste o atrito da ferramenta de corte com a peça gera uma grande de calor, para a alta temperatura ser controlada utiliza-se fluido de corte. Além da refrigeração o fluido serve para prevenção contra corrosão e auxilia na remoção de cavaco da região de corte (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2008).

A temperatura gerada na interface cavaco-ferramenta influenciada pela velocidade de corte, haverá, portanto, limite prático na velocidade de corte, em cada par ferramenta-peça. Com as altas temperaturas geradas nas ferramentas de cortes não só aceleram os mecanismos de desgaste termicamente ativados, como também reduzem o limite de escoamento dessas ferramentas (Machado e Da Silva, 1998). Com a presença de elevadas temperaturas de cortes e penetração periódica do fluido na superfície a ferramenta de corte irá sofrer alterações, dilatações e expansões. Assim, uma ferramenta com boa condutividade e baixo coeficiente de expansão térmica poderá ter os danos térmicos reduzidos pela minimização da flutuação da temperatura na aresta de corte (Ezugwu, Wange Machado, 1999).

No contexto em que ocorre dúvidas com relação à confiabilidade de um modelo de otimização, é possível afirmar que os dados são suficientemente similares para crer nas conclusões obtidas nas análises dos projetos. Para tanto é necessário definir a estrutura relacional do sistema, o comportamento funcional e os fluxos de inter-relacionamento. (GOLDBARG e LUNA; 2005). A otimização dos processos pode ser aplicada em diversos níveis de atuação, tais como projetos, logística operações e por meio de diversos procedimentos de aplicação (MOREIRA, 2010). Independe do nível e do tipo de aplicação, na busca por uma programação matemática, três são os aspectos fundamentais: a escolha das variáveis de decisão, a criação de uma função objetivo e a apresentação do conjunto de restrições (BRONSON, 1985).

As variáveis de decisão podem ser caracterizadas como independentes umas das outras ou podem ser relacionadas por meio de uma ou mais restrições (BRONSON, 1985). A função objetivo, conforme Bronson (1985), é uma função que composta por um número finito de variáveis na qual se deseja encontrar o valor máximo ou mínimo. Já as restrições são compostas por um número finito de equações e inequações que são estabelecidas em decorrência das particularidades inerentes a cada problema (MOREIRA, 2010).

2. Material e Métodos

A partir de informações pesquisadas na literatura busca-se fazer uma abordagem das principais variáveis que influenciam em processo de CNC (Comando Numérico Computadorizado). Para tanto será utilizado um software Minitab para fazer uma análise de quais variáveis são mais influentes e os resultados são comparados com resultados com uma simulação numérica feita em CNC.

Ferraresi (1977), Coelho (1999) e DINIZ et al (2001) concordam que três parcelas são identificadas no cálculo do custo de usinagem por peça, sendo elas, os custos relativos à mão- de-obra, K_{us} , à máquina-ferramenta, K_{um} , e à ferramenta, K_{uf} . O custo de produção por peça pode ser calculado por meio da Equação (1). Os demais desdobramentos para o cálculo do custo de usinagem por peça são detalhados a seguir, de acordo com as equações propostas pelos autores citados acima. A formatação do artigo deverá ser feita de acordo com os tópicos descritos a seguir:

$$K_p = K_{us} + K_{um} + K_{uf}$$

Onde: K_p = custo de produção por peça [R\$ / Peça]; K_{us} = custo de mão-de-obra envolvida na usinagem [R\$ / peça]; K_{um} = custo da máquina-ferramenta [R\$ / Peça]; K_{uf} = custo da(s) ferramenta(s) [R\$ / Peça].

O custo de mão-de-obra pode ser calculado por meio da Equação (2).

$$K_{us} = t_t \cdot \frac{S_h}{60}$$

Onde: t_t = tempo total de confecção por peça [min]; S_h = salário do operador + encargos [R\$ / hora].

Para o cálculo do custo da máquina-ferramenta utiliza-se o salário máquina, que é obtido por meio da Equação (3).

$$S_m = \left[\left(V_{mi} - V_{mi} \cdot \frac{i_m}{M} \right) \cdot j + \frac{V_{mi}}{M} + K_m + (E_m \cdot K_e \cdot J) \right]$$

Onde: S_m = salário máquina [R\$ / hora]; H = número de horas de trabalho previstas por ano; V_{mi} = valor inicial de aquisição da máquina-ferramenta [R\$]; i_m = idade da máquina-ferramenta [anos]; M = vida prevista para a máquina-ferramenta [anos]; j = taxa anual de juros; E_m = espaço ocupado pela máquina-ferramenta [m²]; K_m = custo de manutenção [R\$ /ano]; K_e = custo do m² ocupado pela máquina-ferramenta [R\$ / m² · ano];

Assim, o valor do custo da máquina-ferramenta é calculado por meio da Equação (4).

$$K_{um} = t_t \cdot \frac{t_t}{60} \cdot S_m$$

3. Resultados esperados

De acordo com que foi exposto nos tópicos anteriores espera-se conhecer a partir da técnica de otimização implementada em ambiente de programação Minitab, qual variável é mais influente em um processo CNC. Após a aplicação desta variável deseja-se reduzir os custos de produção, afim de contribuir com a evolução da indústria e aumentar a competitividade entre as empresas.

Referências

- Ávila, S. L., 2006, “*Otimização Multiobjetivo e análise de sensibilidade para concepção de dispositivos aplicação: síntese de antenas reflectoras para comunicação via satélite*”, Tese de doutorado em Engenharia Elétrica, UFSC (Br) e Ecole Centrale de Lyon ECL (Fr).
- BRONSON, R. Pesquisa Operacional. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.
- COSTA, E.S.; SANTOS, D.J. *Processos de Usinagem. Divinópolis*. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Curso Técnico em Eletromecânica, 2006.
- DINIZ, A, E.; COPPINI, N. L.; VILELLA, R. C.; RODRIGUES, A, C. S. - Otimização das condições de usinagem em células. Máquinas e Metais, junho, 1989.
- DINIZ, Anselmo Eduardo; MARCONDES, Francisco Carlos; COPPINI, Nivaldo Lemos. Tecnologia da usinagem dos materiais. 3 ed. São Paulo: Artliber Editora, 1999.
- DINIZ, A.E., MARCONCES, F.C., COPPINI, N.L. Tecnologia da Usinagem dos Materiais. 3ª ed. São Paulo: Artliber Editora, 2001.
- EZUGWU, E.O., WANG, Z.M. and MACHADO, A.R., 1999-b, “*The Machinability of Nickel-Based Alloys: A Review*”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 86.
- FERRARESI, D. Fundamentos da Usinagem dos Metais. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.
- GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. Otimização Combinação e Programação Linear. Rio de Janeiro, Elsevier editora LTDA, 2005
- MACHADO, A.R e DA SILVA, M.B., 1998, “Usinagem dos Metais”, Apostila, Universidade Federal de Uberlândia – EDUFU.
- MOREIRA, D.A. Pesquisa operacional: curso introdutório. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.



V CONGRSSO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA DO CENTRO
UNIVERSITÁRIO DE ITAJUBÁ - FEPI
2014