

Avaliação do índice de utilização de máquinas ferramentas CNC em uma empresa de usinagem, por meio da análise da técnica de pré ajustagem de ferramentas.

Ivan Correr (UNIMEP) ivcorrer@unimep.br

Ronaldo de Oliveira Martins (UNIMEP) romartin@unimep.br

Milton Vieira Junior (UNIMEP) mvieira@unimep.br

Resumo

A crescente globalização da competição exige um processo contínuo de inovação dos sistemas de manufatura, obrigando as empresas a implementar tecnologias inovadoras para manter a vantagem competitiva. Devido a este cenário, muitas empresas do Parque Industrial Brasileiro do ramo de usinagem, estão buscando a competitividade na compra de maquinários modernos. No entanto, todos estes recursos tecnológicos, na maioria das vezes, são sub-utilizados, pois esbarram em uma aplicação ineficiente das técnicas de suporte relacionadas ao apoio e preparação da máquina ferramenta. Portanto, este artigo apresenta uma avaliação das horas improdutivas e do índice de utilização de máquinas ferramentas CNC em uma empresa de usinagem a partir da técnica de pré-ajustagem de ferramentas de corte utilizadas pela empresa.

Palavras-chave: Redução de “set-up”, Pré-ajustagem de ferramentas, Máquinas-ferramenta CNC

1 Introdução

O crescimento da internacionalização da competição tem criado novas perspectivas e características mercadológicas que estão alterando os atuais padrões de competitividade. Ao se deslocar do mercado local para o global, a competição ocorre entre empresas que tem, ou buscam ter, desempenho de classe mundial.

Sob esse aspecto, porém, o mercado global está mais desafiante do que nunca e, cada vez mais, exige um processo contínuo de inovação dos sistemas de manufatura, induzindo as empresas a gerarem e se utilizarem de ferramentas necessárias para vencer os desafios, encorajando a aplicação de tecnologias inovadoras (Manufatura Integrada por Computador, Gestão da Qualidade, *Just-In-Time*, Engenharia Simultânea, etc) que criem oportunidades para novos produtos, serviços e processos industriais (GUNN, 1992 *apud* SIMON, 2001).

1.1 Tecnologia CNC

Vonortas e Xue (1997) observaram que a implementação da tecnologia CNC, isto é, a aplicação de máquinas ferramenta a controle numérico (CNC) foi o que recebeu a maior concentração de esforços e o maior volume de investimentos por parte das empresas nos últimos anos, tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento.

As empresas investem em máquinas ferramentas CNC para aumentar sua capacidade competitiva através, do aumento da flexibilidade, da melhoria da qualidade, da redução dos tempos de ciclos e da habilidade de produzir lotes pequenos de maneira econômica. Porém, se os métodos e processos de implantação e operação utilizados pela empresas são, em si, inadequados e ineficientes, a tecnologia somente vai evidenciar os problemas existentes, e não solucionar-los (SLACK *et al.*, 1997).

Simon (2001), identificou que uma das principais causas relacionadas aos problemas de disponibilidade e flexibilidade das máquinas ferramentas, ocorria em determinadas atividades relacionadas com a preparação da máquina (elaboração do programa CNC, transferência do programa para a máquina e a pré-ajustagem das ferramentas de corte).

1.2 Pré-Ajustagem de ferramentas

Uma das maiores parcelas de tempo na preparação das máquinas-ferramenta para sua utilização é consumida na pré-ajustagem das ferramentas, ou seja, na determinação e correção de suas medidas. A análise e redução dos tempos envolvidos nessa etapa do processo de manufatura, conseqüentemente, são de fundamental importância para se obter um maior tempo produtivo disponível da máquina (SIMON, 2001). Beard (1998), sugere que o ideal é fornecer para a máquina ferramenta um conjunto de ferramentas qualificado para um determinado trabalho, antes de começar toda a preparação da máquina. Uma vez montadas as ferramentas nos seus respectivos alojamentos, partir diretamente para a produção, sem a necessidade de a ferramenta tocar a peça e sem utilizar uma peça teste.

Um dos processos utilizados pelos usuários de máquina ferramenta CNC, para determinar as medidas da ferramenta é a usinagem experimental, com uma medição posterior da peça e com isso a correção das medidas das ferramentas. Neste caso, primeiramente, introduz-se no comando da máquina a medida das ferramentas determinadas de forma aproximada. Após uma pequena usinagem experimental, mede-se a peça novamente. Os desvios de medidas determinados em relação às dimensões do desenho são introduzidos no comando, como dados de correção para a respectiva ferramenta (DEGARMO *et al.*, 1997). Dependendo do tipo de máquina, essa operação consome, em média 50 a 75% do tempo gasto na substituição de uma ferramenta. Ou seja, ajustar cada ferramenta utilizando-se esse processo pode ser muito demorado. Durante esse processo de ajustagem, as máquinas estão produzindo cavaco, o que compromete sua produtividade (WICK, 1995).

Um outro tipo de processo é a utilização de aparelhos de pré-ajustagem de ferramentas, os *presetters*, que permitem executar o ajuste das ferramentas que serão utilizadas na máquina previamente e fora da máquina de maneira rápida e com uma precisão tal, que os dados de correção de ferramenta podem ser transferidos ao comando CNC com total confiança e sem perda de tempo. No caso deste tipo de processo, as dimensões da aresta de corte da ferramenta em relação ao ponto de referência, são devidamente determinadas. Ou seja, a ferramenta já montada em seu suporte, é colocada em um equipamento de pré-ajustagem, na qual este possui o mesmo formato e alojamento do suporte de ferramenta da máquina CNC. Então as medidas das ferramentas podem ser determinadas ótica ou mecanicamente, e os dados são introduzidos no comando da máquina durante a preparação da máquina. A pré-ajustagem e medição de ferramentas fora da máquina produzem economias significativas, tendo em vista que os ajustes na primeira peça podem ser reduzidos ou até mesmo eliminados, dependendo apenas da tolerância requerida. É um meio rápido e confiável de aferição de diâmetros e comprimentos de ferramentas, na qual elimina a necessidade de usar a máquina como um dispositivo de aferição e ajustagem de ferramentas (NORTON, 1990; WICK, 1995).

Grupo de máquinas CNC	Total de máquinas	Total de máquinas que NÃO utilizam sistema de presetter
Tornos CNC	8.408	5.658
Centros de usinagem	5.978	1.295
Mandriladoras CNC	279	170
Fresadoras CNC	1.375	544
Total de máquinas CNC no parque industrial brasileiro	16.040	7.667
Total de máquinas CNC que NÃO utilizam presetter		8.373

Fonte: Simon (2001)

Tabela 1 - Máquinas-ferramenta CNC instaladas no parque industrial brasileiro X Quantidade de máquinas-ferramenta CNC NÃO apoiadas por aparelhos de pré-ajustagem de ferramentas do parque industrial brasileiro (SIMON, 2001)

As vantagens da utilização de aparelhos de pré-ajustagem são muitas, como não apenas permite eliminar os tempos gastos no processo citado anteriormente, como também se pode minimizar ou eliminar outras variáveis do tempo de preparação das ferramentas. Com estas vantagens, aumentam-se os ganhos em produtividade e reduzem-se os custos e o tempo de fabricação do produto. Além do mais, com a implantação deste procedimento permite-se reduzir a taxa de refugo decorrente da atividade de preparação da máquina, provê ainda uma forma de identificar problemas de disponibilidade de ferramentas antes mesmo de se iniciar a preparação da máquina, aumentando o tempo de arranque de cavaco em pelo menos 20% (BEARD, 1998).

Uma pesquisa feita por Mason (2000), relatou que no final da década de 70, nos Estados Unidos, era preciso um grande esforço no sentido de convencer os usuários de tecnologias CNC, a grande importância e extrema necessidade de utilizar os aparelhos de pré-ajustagem de ferramentas. Hoje, estes aparelhos já fazem parte integrante dos pacotes de tecnologia CNC. No caso dos países industrialmente mais desenvolvidos, as indústrias adquirem este equipamento e utilizam sem qualquer questionamento, entretanto, Simon (2001), identificou a ausência do uso de “*presetter*” externo de ferramentas como uma das principais causas para a sub-utilização de máquinas CNC, no parque industrial brasileiro (Tabela 1).

2 Objetivo do Projeto

Com base nos argumentos apresentados, o uso inadequado da tecnologia CNC pode não propiciar os benefícios prometidos, prejudicando o processo de modernização tecnológica das empresas com o conseqüente comprometimento da sua competitividade.

Portanto, o presente trabalho visa avaliar o índice de utilização das máquinas-ferramenta CNC de usinagem em uma empresa de usinagem, a partir da análise das técnicas de pré-ajustagem de ferramentas de corte, bem como determinar a relação entre o tempo improdutivo, gerado pelo uso de técnicas inadequadas para executar a atividade de pré-ajustagem de ferramentas.

3 Metodologia

Segundo Agostinho (1998), o índice de utilização (I_u) de uma máquina ou equipamento define o percentual de tempo realmente trabalhado ou tempo efetivamente disponível para o trabalho (T_t) que é dado pela diferença entre o tempo disponível (T_d) e o tempo improdutivo (T_i), considerando-se (r) máquinas em estudo. (Equação 1)

$$I_u = \frac{\sum_{i=1}^r T_{di} - \sum_{i=1}^r T_{li}}{\sum_{i=1}^r T_{di}} \quad \text{ou} \quad I_u = 1 - \frac{\sum_{i=1}^r T_{li}}{\sum_{i=1}^r T_{di}} \quad (1)$$

Para a atividade de suporte de pré-ajustagem de ferramentas, a análise é feita na situação em que a atividade é executada na máquina com usinagem experimental, medição da peça e correção dos dados da ferramenta. Durante a execução dessa operação a máquina não está produzindo cavaco. A técnica utilizada como referência para análise é a execução dessa atividade com apoio de um aparelho de pré-ajustagem de ferramenta (*presetter*). Nesta condição parte do tempo de preparação é transformado em preparação externa, aumentando a disponibilidade da máquina para operação.

Segundo Simon (2001), o índice de utilização de máquinas-ferramenta CNC é dada pela seguinte equação (Equação 2):

$$I_{uf} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^y T_{lfi}}{\sum_{i=1}^y T_{dfi}} \quad (2)$$

Onde, T_{lfi} é o tempo improdutivo decorrente da pré-ajustagem de ferramenta para uma máquina (i); T_{dfi} é o tempo total disponível de uma máquina (i); e y é a quantidade de máquinas em estudo.

O tempo improdutivo (T_{lfi}) é função do tempo adicional gasto na atividade de pré-ajustagem de uma ferramenta (T_{afi}) quando não se utiliza aparelho de pré-ajustagem, do número de preparações (N_{pafi}) executadas no período em estudo, e do número de ferramentas (N_{fi}) necessárias a cada preparação (para usinar a peça). O tempo adicional (T_{afi}) é obtido a partir de estudos de tempos nos quais se comparam os tempos gastos na atividade de pré-ajustagem de ferramentas utilizando-se a técnica da usinagem experimental, com os gastos utilizando-se aparelho de pré-ajustagem externo de ferramentas. Para efeito de cálculo, sugere-se utilizar os resultados dos estudos de tempo fornecidos pelos fabricantes de aparelhos de pré-ajustagem de ferramentas, para diversos tipos de máquina. Portanto o cálculo do tempo improdutivo da pré-ajustagem de ferramenta para uma máquina (T_{lfi}) é dado pela Equação 3

$$T_{lfi} = T_{afi} \cdot N_{pafi} \cdot N_{fi} \quad \text{então:} \quad I_f = \sum_{i=1}^y T_{lfi} = \sum_{i=1}^y T_{afi} \cdot N_{pafi} \cdot N_{fi} \quad (3)$$

O tempo adicional (T_{afi}) gasto na atividade de pré-ajustagem de uma ferramenta é função das características específicas de cada máquina e, portanto, varia de um tipo de máquina para outro. O número de preparações (N_{pafi}) executadas no período varia em função do *mix* e cadência de produção de cada tipo de máquina, e o número de ferramentas (N_{fi}) necessárias em cada preparação (para executar a peça) varia em função do tipo de peça e de máquina.

Desta forma o tempo improdutivo deve ser expresso em função dos grupos de máquinas em estudo, considerando-se (n) grupos de máquinas constituídos de r, v, ..., w máquinas (Equação 4).

$$I_f = \sum_{i=1}^y T_{lfi} = r \cdot (T_{af1} \cdot N_{paf1} \cdot N_{f1}) + v \cdot (T_{af2} \cdot N_{paf2} \cdot N_{f2}) + \dots + w \cdot (T_{afn} \cdot N_{pafn} \cdot N_{fn}) \quad (4)$$

Já o tempo total disponível é dado pela soma dos tempos totais disponíveis de cada grupo de máquinas no período em estudo, considerando-se (n) grupos de máquinas constituídos de r, v, ..., w máquinas (Equação 5).

$$\sum_{i=1}^y T_{dfi} = r.T_{df1} + v.T_{df2} + \dots + w.T_{dfn} \quad \text{ou} \quad \sum_{i=1}^y T_{dfi} = (r + v + \dots + w).T_{df} \quad (5)$$

Portanto, substituindo a equação do tempo improdutivo total decorrente da pré-ajustagem (Equação 4) em relação ao tempo total disponível da máquina (Equação 5) na equação do índice de utilização de máquinas CNC (Equação 2), obtém-se a expressão apresentada na Equação 6:

$$I_{uf} = 1 - \frac{[(r.T_{af1}.N_{paf1}.N_{f1}) + (v.T_{af2}.N_{paf2}.N_{f2}) + \dots + (w.T_{afn}.N_{pafn}.N_{fn})]}{(r + v + \dots + w).T_{df}} \quad (6)$$

4 Resultados e discussão

A Empresa escolhida para a pesquisa é do ramo de usinagem com aproximadamente 200 funcionários. No chão de fábrica existem aproximadamente 75 máquinas das quais 53 (7 tornos, 22 centros de usinagem, 2 mandriladoras e 22 fresadoras) possuem comando numérico computadorizado (CNC), e operam em dois turnos de 8 horas cada.

Para determinar o índice de utilização das máquinas ferramentas CNC e o tempo improdutivo total em função da não utilização das técnicas de pré-ajustagem de ferramentas, foi elaborado um questionário para coleta de dados, afim determinar o número médio de preparações e a quantidade média de ferramentas utilizadas nos processos de usinagem.

A Tabela 2 apresenta o valor médio de preparações executadas e a quantidade média de ferramentas utilizadas no processo de usinagem da empresa para cada grupo de máquina. Estes dados foram coletados pelo supervisor geral da área de usinagem da empresa e relatados no questionário elaborado.

Tipo de máquina	Número médio de preparações por turno por peça	Quantidade média de ferramentas necessárias para usinar uma peça padrão
Torno CNC	3,5	5
Centro de Usinagem	1,5	12
Mandriladora CNC	2	8
Fresadora CNC	3	12

Tabela 2 – Número médio de preparações executadas e quantidade média de ferramentas utilizadas

O índice de utilização das máquinas ferramentas CNC em função da técnica de pré-ajustagem de ferramentas é dado pela Equação 6, deduzida anteriormente, onde as variáveis (r,v, ..., w) estão relacionadas a quantidade de máquinas em relação a seu tipo ou modelo, sendo: r = 7 (quantidade de tornos CNC); v = 22 (quantidade de centros de usinagem); y = 2 (quantidade de mandriladoras CNC) e w = 22 (quantidade de fresadoras CNC)

Para o tempo adicional gasto na atividade de pré-ajustagem de ferramentas (T_{af}), foi adotado os valores fornecidos pelos estudos realizados da empresa norte-americana *Davis Tool*, em

conjunto com a empresa alemã *Zoller*, tradicional fabricante de aparelhos de pré-ajustagem de ferramentas. A Tabela 3, apresenta os valores do tempo adicional (T_{af}) para cada tipo de máquina, quando não se utiliza aparelho de pré-ajustagem de ferramenta (*presetter*). Para os grupos de máquinas mandriladoras CNC e fresadoras CNC, foram adotados os mesmos valores dos grupos de centros de usinagem por se tratar de máquinas que executam basicamente as mesmas operações.

Grupo de máquinas	Tempo de preparação (minutos)		Tempo Adicional (T_{af}) – minutos
	Ferramenta não pré-ajustada	Ferramenta pré-ajustada	
Torno CNC	5,92	2,58	3,34
Centro de usinagem	3,50	0,83	2,67
Mandriladoras CNC	3,50	0,83	2,67
Fresadoras CNC	3,50	0,83	2,67

Fonte: Zoller & Davis Tool

Tabela 3 - Tempo adicional gasto na atividade de pré-ajustagem de ferramentas quando não se utiliza *Presetter*

Para os cálculos do número de preparações de ferramentas executadas em um ano (T_{af}), e o tempo total disponível de cada máquina em um ano (T_{df}), foi considerado dois turnos de trabalho (cada um com 8 horas), um período de análise de um ano e uma média de 252 dias úteis por ano. (Tabela 4).

Tipo de Máquina	Nº de máquinas	T_{af} (tempo adicional – min)	N_{paf} (número de preparações executadas em um ano)	N_f (número de ferramentas necessárias em cada preparação)	T_{df} (Tempo total disponível de cada máquina em um ano)
Torno CNC	7	3,34	1764	5	4032
Centro usinagem	22	2,67	756	12	4032
Mandriladora	2	2,67	1008	8	4032
Fresadora	22	2,67	1512	12	4032

Tabela 4 - Valores a serem utilizados na equação para a determinação do valor do índice de utilização das máquinas ferramentas CNC

Resolvendo as equações anteriormente citadas, pode-se determinar que:

- o índice de utilização das máquinas-ferramenta CNC em função da técnica utilizada pela empresa no processo de pré-ajustagem de ferramentas (I_{uf}) é de 0,85 ou **85%**;
- o tempo improdutivo total, devido a utilização de técnicas inadequadas para pré-ajustagem de ferramentas (I_f), está gerando um volume de **30.800** horas improdutivas por ano na empresa.

5 Considerações finais

Muitas empresas possuem um maquinário moderno em seu chão de fábrica, entretanto a má utilização destes recursos, como técnicas inadequadas na “pré-ajustagem de ferramentas” limitam e conseqüentemente comprometem a sua competitividade.

Para se ter uma maior percepção dos resultados obtidos nestes artigo, o volume total de horas improdutivas geradas (30.800 horas) representa o equivalente a 7 máquinas-ferramenta paradas na empresa durante um ano, o que significa 14,4% da capacidade instalada da empresa.

Portanto é de fundamental importância desenvolver trabalhos visando a melhoria da produtividade em ambiente CNC, pois o tempo gasto no seu desenvolvimento tem influência direta no tempo do ciclo dos produtos e não agrega valores aos mesmos.

Referências:

- Agostinho, O.L. “Os sistemas devem se adaptar ao desejo dos consumidores”. Máquinas e Metais, São Paulo, v.27, n.317, p.44-51, 1992.
- Beard, T., 1998, “Setting tools makes small shop sense”. Modern Machine Shop, Cincinnati, v.70, n.8, p.179-83, 1998.
- Degarmo, E.P.; Black, J.J.; Kosher, R.A., 1997, “Materials and process in manufacturing”. *th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, p.1259, 1997.
- Mason, F.A., 2000, “Tool balancing for high-speed milling”. Machine Shop Guide, p.40-52, 2000.
- Norton, J., 1990, “Tooling is ready for CIM”. Tooling & Production, 1990.
- Simon, A.T., 2001, “Condições de Utilização de Tecnologia CNC: Um Estudo para Máquinas ferramentas de usinagem na Indústria Brasileira”. Dissertação (Mestrado), Unicamp, Campinas.
- Slack, N. *et al.* “Administração da produção”. São Paulo:Atlas, 1997.
- Vornortas, S.N.; XUE, L., 1997. “Process innovation in small firms: case studies on CNC machine tools”. Technovation, v.17, n.8, p.427-38, 1997.
- Wick, C.H., 1995, “Electronic tool gaging increases NC productivity”. Manufacturing Engineering & Management, 1995.
- Zoller & Davis Tool, “Profitability”. Catálogo.