



15º Congresso de Iniciação Científica

DETERMINAÇÃO DA CURVA DE VIDA DE UMA FERRAMENTA

Autor(es)

VICTOR LUIZ TOCCI JORDÃO

Orientador(es)

Elesandro Antônio Baptista

Apoio Financeiro

FAPIC

1. Introdução

No mercado atual várias empresas estão optando por otimizar os seus processos de usinagem visando melhorar o seu desempenho quanto ao fator tempo, à qualidade e redução de custos. (Marcondes 2001). Entre as ações para otimizar os processos de usinagem encontra-se o que está ligado ao ferramental que é o tema do presente trabalho. A propriedade dos materiais para ferramentas tem recebido melhorias por seus fabricantes. Assim, as ferramentas estão se renovando e apresentando melhor desempenho em geral, o que significa que elas podem ter um maior tempo ativo de trabalho gerando uma possível redução nos custos do processo (DINIZ et al, 2001). Entretanto, o que se encontra em geral são cenários nos quais não existe ainda a preocupação do operador da máquina com a ferramenta. Segundo Marcondes (2001), os fabricantes atuais de ferramenta publicam em seus catálogos a recomendação de condições operacionais de trabalho, para que a ferramenta tenha uma vida aproximadamente de 15 minutos, porém não é difícil encontrar situações em que a vida da ferramenta, mesmo utilizando as recomendações do fabricante, apresenta valores diferentes desse especificado. Isto provavelmente está associado à diferença existente entre as considerações recomendadas pelos fabricantes e os dados reais obtidos em um ambiente fabril. Em muitos casos a ferramenta é submetida a processos que não são adequados para sua função, também às vezes por falta de conhecimento do operador, a ferramenta não trabalha até o seu fim de vida ou até mesmo não são aproveitadas todas as arestas da ferramenta. São poucos os relatos de indústrias se adequando às condições de corte respeitando limites técnicos e econômicos. (MARCONDES, 2001). Nos últimos anos, metodologias de otimização de processos de usinagem têm sido desenvolvidas por uma equipe coordenada pelo Prof. Nivaldo Lemos Coppini. Na validação dos modelos desenvolvidos, em geral, são utilizados valores e parâmetros obtidos na literatura, o que não configura o cenário ideal para a aplicação dos modelos estudados. Esse trabalho consiste na determinação da curva de vida de uma ferramenta, na usinagem de dois diferentes materiais, em operações de torneamento, que poderá, posteriormente, ser utilizada na

validação dos modelos de otimização. Segundo Diniz et al, (2001) para a elaboração da curva deve-se geralmente, construir gráficos auxiliares que forneçam o desgaste da ferramenta para diferentes velocidades de corte e tempos de trabalho, em determinadas condições de usinagem do par ferramenta-peça (condições de avanço, profundidade de usinagem, geometria da ferramenta). A curva de vida da ferramenta foi definida pela primeira vez por Taylor em 1907, que elaborou uma equação que descreve o comportamento da vida da ferramenta em função da Velocidade de Corte para operações de torneamento. Esta equação ficou conhecida como a equação de vida de Taylor, a qual pode ser determinada em ambiente fabril para o sistema máquina-ferramenta-peça envolvidos (FERRARESI, 1970). Considera-se vida de uma ferramenta o tempo em que esta trabalha efetivamente (deduzido os tempos passivos) até que a sua capacidade de corte seja comprometida ou atinja um critério previamente estabelecido, como um determinado nível de desgaste. Assim sendo, ela deve ser reafiada ou substituída (FERRARESI, 1970). Diniz et al (2001), estabelece alguns fatores que determinam até quando uma ferramenta deve ser substituída e que podem ser utilizados como uma referência para o fim de vida de uma ferramenta: valores elevados de desgastes podendo levar à quebra da ferramenta; temperaturas excessivas atingidas pela ferramenta; as tolerâncias dimensionais fogem do controle; acabamento superficial deixa de ser satisfatório; as componentes da força de usinagem aumentam excessivamente. A seguir, são descritos alguns tipos de desgaste que podem ser utilizados para determinar o fim de vida da aresta da ferramenta (MARCONDES, 2001): Desgaste Frontal ou de Flanco (VB); Desgaste de Cratera; Deformação plástica da aresta de corte; Aresta postiça; Lascamento. As operações de usinagem dividem-se em vários processos, destacando-se dentre eles o torneamento devido ao uso freqüente na maioria das indústrias brasileiras e também por ser mais fácil demonstrar os conceitos da teoria da usinagem (FERRARESI, 1970). Com base nesses motivos, este foi o processo selecionado na execução dos testes de usinagem deste trabalho. A metodologia adotada nos ensaios para encontrar os valores de x e k , da equação de vida de Taylor, consiste em: 1. Iniciar a usinagem do primeiro lote de peças com velocidade de corte constante, V_{c1} , até que o final da vida da aresta da ferramenta seja decretado por um critério previamente estabelecido. Deve-se anotar a vida da ferramenta obtida para a primeira velocidade de corte; 2. Calcular e adotar a segunda velocidade de corte, mantida constante durante a usinagem, V_{c2} , que deve possuir um valor de mais ou menos 20% em relação a V_{c1} . Assim sendo, inicia-se a usinagem do segundo lote até que o final da vida da aresta da ferramenta seja decretado, e pelo mesmo critério anterior deve-se anotar a vida da ferramenta obtida; 3. Após a realização da usinagem obtêm-se os valores das vidas das ferramentas expressas em minutos, T , ou em comprimento de corte l_c , que são dados de entrada nos cálculos da constante k e do coeficiente x da equação de vida de Taylor.

2. Objetivos

O objetivo desse trabalho é determinar a curva de vida de uma ferramenta em um processo de torneamento, de tal forma que os resultados possam ser utilizados posteriormente para simulação de novos procedimentos de otimização de usinagem.

3. Desenvolvimento

A experiência foi realizada pela máquina de Controle Numérico Computadorizado (CNC) do laboratório de processos da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), juntamente com o auxílio do técnico do laboratório. Para a definição das peças, levou-se em conta o fato de realizar a usinagem com – pelo menos – dois materiais distintos. Isto garantiu uma simulação das diferentes peças utilizadas para a formação dos lotes.

Os seguintes materiais foram empregados nos ensaios: aço SAE VND e SAE Aço Inox 304 em forma de cilindros (tarugos), apresentando um comprimento inicial, L_0 , de 440 mm e um diâmetro inicial, D_0 , de aproximadamente 97 mm. As ferramentas de corte de metal-duro utilizadas são fabricadas pela empresa Sandvik Coromant, pertencentes à classe 4225, possuindo formato triangular, com especificações: 'TNMG 16 04 08-PM'.

Concomitante a essa etapa foi definido o critério de fim de vida da ferramenta, que foi o mesmo para a usinagem de todas as peças envolvidas. Este critério foi adotado como sendo o desgaste V_b sofrido pela

ferramenta no seu flanco. No caso, foi adotado o desgaste $V_b = 0,25$ mm. Os parâmetros de corte também foram definidos a partir do catálogo do fabricante. A profundidade de corte adotada, A_p , foi de 1,5 mm/r e o avanço, f_n , foi de 0,25 mm. O experimento explorou duas velocidades de corte diferentes, medindo a vida da ferramenta baseado ao desgaste V_b . Das velocidades de corte retiradas do catálogo, a velocidade média foi a referência e a partir dela surgiu uma velocidade com 20% a mais em relação a V_c média. Os seguintes valores foram obtidos: $V_{c1} = 432$ m/min, $V_{c2} = 360$ m/min. Os ensaios foram realizados sem fluido de corte, ou seja, corte a seco. Para se realizar os ensaios foi-se necessário medir a resistência à penetração, ou risco que um material apresenta, em outras palavras, medir a dureza do material. Foram realizados 2 tipos diferentes de ensaios de dureza (Brinell, Vickers), sendo representadas como HB para dureza Brinell e HV para dureza Vickers. Como foi identificado um problema relativo à variação de dureza com o material Aço Inox 304, este foi descartado na realização das etapas seguintes. O técnico do laboratório elaborou o programa CNC para a usinagem de cada peça. No início do experimento foi verificado que o comprimento inicial, L_0 , não era adequado para ser usinado pelo fato de estar gerando muita vibração no par ferramenta-peça, assim danificando o cilindro e comprometendo as tolerâncias. Com isso, os tarugos de cada material foram divididos em dois, com comprimento $L_1 = 220$ mm e foi feito um preparo preliminar dos materiais a serem usinados. Este preparo consistiu em realizar o furo de centro de cada peça e também o ajuste correto para as peças se encaixarem perfeitamente nas “castanhas” da máquina CNC. No experimento, para cada velocidade de corte e material usinado, a ferramenta realizava um passe totalizando o seu comprimento de corte. Com isso, a ferramenta era retirada do porta-ferramenta e levada para ser fotografada para posterior medição do desgaste V_b sofrido. Este procedimento foi feito inúmeras vezes para as duas velocidades e materiais adotados. A medição do desgaste V_b foi realizada através de fotografias com o auxílio de um microscópio, uma vídeo-câmera e um computador do laboratório de materiais da universidade. A ferramenta era parafusada em outro porta-ferramenta, justamente para se manter um padrão de altura. O foco do microscópio e a distância entre a lente e as ferramentas foram as mesmas para todas as fotos retiradas.

4. Resultados

Os resultados obtidos nos ensaios para a elaboração da curva de vida da ferramenta são brevemente apresentados juntamente com os respectivos comentários e análises. Com relação ao aço inox não foi possível utilizá-lo nos ensaios em razão dos valores das medições das durezas HB e HV apresentarem grande variação, fato que podia influenciar negativamente nos resultados de usinagem. O aço VND foi utilizado nos ensaios previstos em razão dos valores das medições das durezas HB e HV estarem coerentes. Para o CP03, usinado com $V_c = 432$ m/min, obteve-se os valores de V_b medido a cada percurso de avanço, l_f , retirando do material o comprimento de corte de uma peça, l_{cp} , assim descobriu-se a vida da aresta da ferramenta expressa em comprimento de corte, l_c . Para o CP04, usinado com $V_c = 360$ m/min, obteve-se os valores de V_b medido a cada percurso de avanço, l_f , retirando do material o comprimento de corte de uma peça, l_{cp} , assim descobriu-se a vida da aresta da ferramenta expressa em comprimento de corte, l_c . Foi-se necessário achar a constante k e o coeficiente x , que são variáveis da equação. As Figuras 1 e 2, anexas, apresentam o comportamento do desgaste da ferramenta ao longo do tempo. Já a Figura 3, também anexa, apresenta a curva de vida da ferramenta determinada para o intervalo de velocidades utilizado no ensaio. É possível perceber, ao analisar as figuras citadas, que a vida da ferramenta sofre, como já descrito na literatura, grande influência da V_c , em função do tempo de vida da ferramenta sofrer redução com o aumento do valor da V_c . Portanto, a curva de vida da ferramenta, para o material testado, foi obtida com sucesso.

5. Considerações Finais

De acordo com os resultados, pode-se concluir que: - A equação de vida da ferramenta pode ser obtida para o sistema máquina-ferramenta-peça por meio da realização de testes de usinagem; - a influência negativa da velocidade de corte sobre a vida da ferramenta ficou evidenciada no resultado dos testes realizados; - o presente projeto poderá servir como fonte de informação para futuros testes de validação de

modelos e procedimentos de otimização do processo de usinagem.

Além dos resultados serem importantes para a área de usinagem, o projeto possibilitou ao aluno o contato com uma importante atividade da área acadêmica, qual seja, a iniciação em atividades de pesquisa.

Referências Bibliográficas

BAPTISTA, E. A. Desenvolvimento de um sistema especialista para a otimização do processo de usinagem. Santa Bárbara d'Oeste: FEMP, UNIMEP, 2000. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, 2000.

BAPTISTA, E. A. Desenvolvimento de um Sistema Especialista para a Otimização do Processo de Usinagem Baseado na Web. 2004. 193 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'Oeste.

DINIZ, A. E., COPPINI, N. L., MARCONDES, F. C. Tecnologia de usinagem dos materiais. São Paulo: mm editora, 2001.

DINIZ, A. E., NORITOMI, P.Y. Parâmetros de usinagem nos esforços de corte em aço. Máquinas e Metais, São Paulo, n. 395, p. 92-100, dez. 1998.

FERRARESI, D. Fundamentos da usinagem dos metais. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1977.

MARCONDES, F. C. Alternativas para a maximização da usinagem sob a ótica da análise ou engenharia de valor. Campinas: FEM, UNICAMP, 2001. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001.

Anexos

Curva de vida da ferramenta

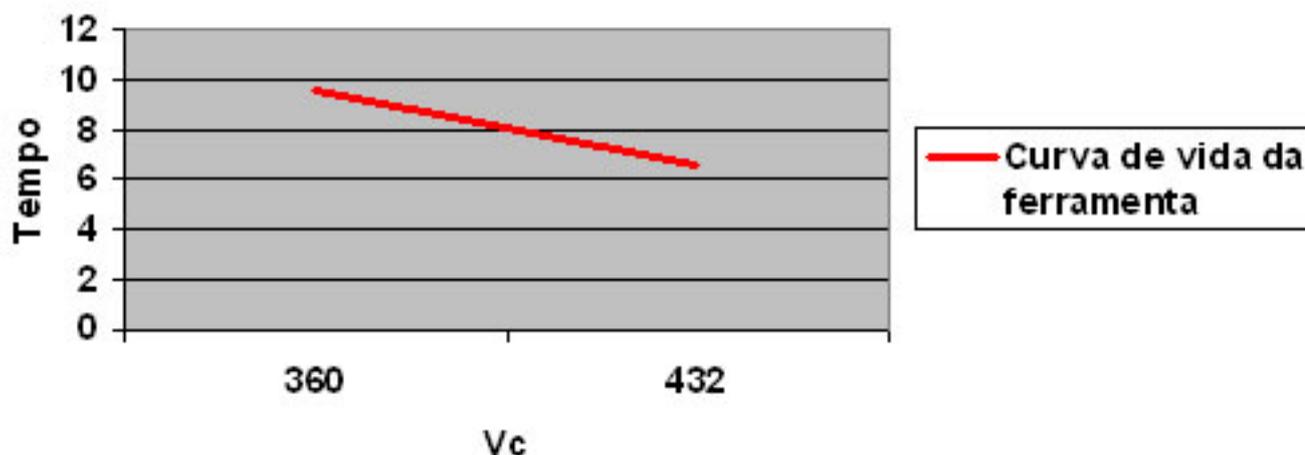


FIGURA 28 – CURVA DE VIDA DA FERRAMENTA.

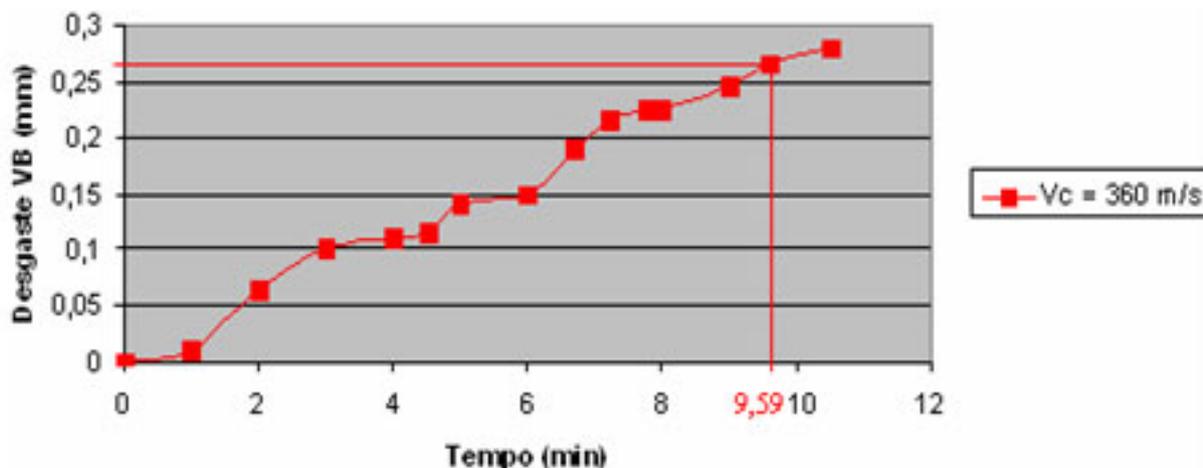


FIGURA 27 – CURVA DE DESGASTE EM FUNÇÃO DO TEMPO DE USINAGEM DO CP04.

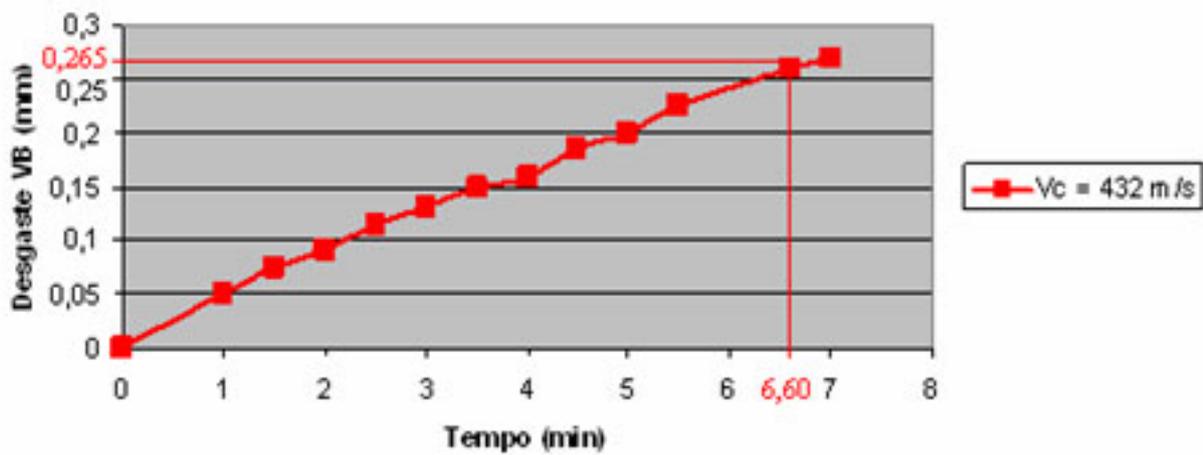


FIGURA 26 – CURVA DE DESGASTE EM FUNÇÃO DO TEMPO DE USINAGEM DO CP03.