

ANÁLISE DE VIBRAÇÕES EM PROCESSOS DE USINAGEM

Diego Rodrigues Sant'Anna, santanna.diego@gmail.com,

Jefferson de Oliveira Gomes, gomes@ita.br,

Anderson Vicente Borille, borille@ita.br

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias - São José dos Campos - SP.

ETEP - Faculdades, Avenida Barão do Rio Branco, 882 - Jardim Esplanada - São José dos Campos - SP.

RESUMO: O controle de vibrações em processos de usinagem tem se mostrado um método eficiente para o aumento da produtividade. Melhorias significativas podem ser obtidas em termos de qualidade das superfícies usinadas, vida de ferramentas e otimização dos parâmetros de corte. Esse trabalho apresenta as análises realizadas em duas máquinas-ferramenta utilizadas para a usinagem de engrenagens. As máquinas são do mesmo fabricante e modelo, porém são de gerações diferentes e apresentam diferenças construtivas na fixação da ferramenta e da peça. A vida da ferramenta de corte mostrava-se muito baixa quando comparada aos resultados obtidos na outra máquina. Foi constatada uma diferença no comportamento dinâmico. Tais conclusões foram baseadas em medições dos valores de frequência natural do sistema ferramenta/máquina/fixação da peça. Com isso, foi possível sugerir mudanças estruturais na máquina normalizando a vida da ferramenta de corte e obtendo um aumento de produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de vibrações, fresamento, engrenagens

ABSTRACT: *Control of vibrations in machining processes has been an effective method for increasing productivity. Significant improvements can be obtained in terms of quality of the machined surfaces, the life of tools and optimization of cutting parameters. This paper presents the analysis performed in a machine-tool used for machining gears. The machines are the same fabricator and model, but are from different generations and present constructive differences in setting the tool and workpiece. The life of the cutting tool proved to be very low when compared to results obtained in another machine. It was observed a difference in the dynamic behavior. These conclusions were based on measurements of the values of natural frequency of the system tool/machine/attachment of the piece. With this, we can suggest structural changes in machine, normalizing the life of the cutting tool and getting an increase in productivity.*

KEYWORDS: *Chatter control, milling, gear*

INTRODUÇÃO

Dentre as diferentes fontes de vibrações que podem atuar no fresamento, destacam-se as vibrações forçadas e as vibrações regenerativas. As vibrações forçadas são causadas pelo contato (impacto) do dente da ferramenta de corte na peça e ocorrem em todos os processos de fresamento. Já as vibrações regenerativas, segundo Altintas (2000), resultam de um mecanismo de auto-excitação na geração da espessura do cavaco durante as operações de usinagem. Um dos modos estruturais do sistema máquina-ferramenta-peça é excitado inicialmente por forças de corte. Uma superfície ondulada resultante da passagem de um gume é removida pelo subsequente, que também deixa uma superfície ondulada devido a vibrações estruturais. Dependendo da diferença de fase entre duas ondulações sucessivas as vibrações podem ser atenuadas ou ampliadas. No caso da instabilidade, a espessura máxima do cavaco pode crescer exponencialmente, oscilando em uma frequência próxima à do modo estrutural dominante do sistema. As vibrações crescentes elevam as componentes da força de usinagem e podem provocar desgaste excessivo ou quebra da ferramenta e prejudicam a qualidade da superfície e dimensional da peça.

Segundo Tlusty (2000) apud Polli (2005) o efeito regenerativo Fig.(1), não assume as vibrações, em ondas

produzidas pelos dois dentes consecutivos quando estão em fase, isso faz com que não ocorra nenhuma variação da espessura do cavaco (1), portanto não há variação de força. As vibrações não são excitadas novamente e desaparecem. Em (2), as ondas produzidas pelos dois dentes consecutivos não estão em fase, à variação na espessura do cavaco ocorre com o dobro da amplitude, resultando em uma grande variação de força que excita futuras vibrações.

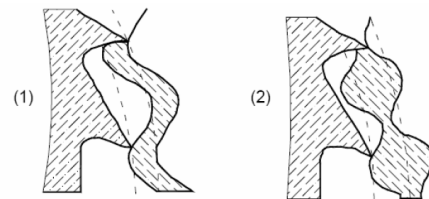


Figura 1. Efeito regenerativo: (1) corte estável, (2) corte instável (Tlusty, 2000 apud Polli, 2005)

METODOLOGIA

Para a coleta dos dados foram utilizados uma placa de aquisição *Dynamic Signal Analyzer* modelo photon II da fabricante LDS-Groups, um acelerômetro da PCB Piezotronics modelo 353B17 e um martelo de impacto da PCB Piezotronics modelo 086C03. O procedimento realizado está descrito na Fig (2).

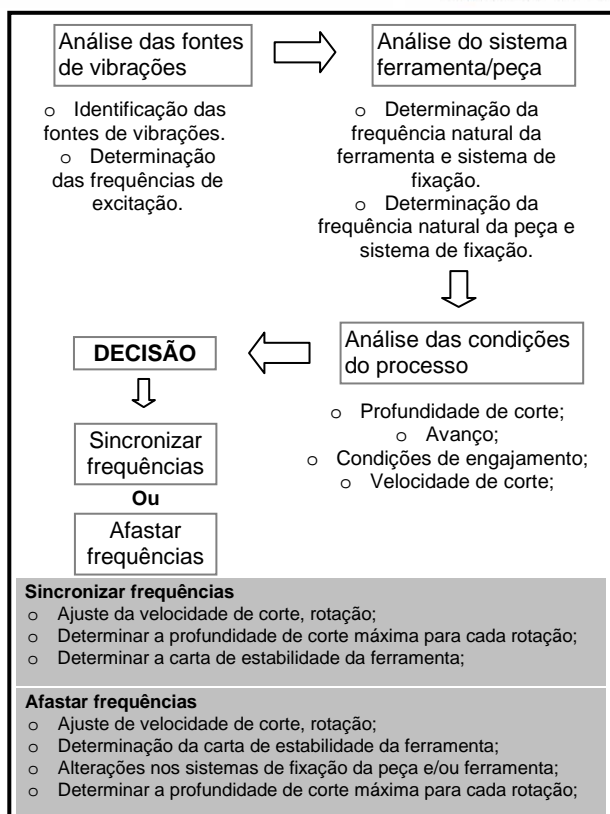


Figura 2. Fluxograma simplificado da análise vibratória

Duas máquinas geradoras de engrenagens foram o objeto de estudo. A máquina “B” produzia 4 vezes mais peças por afiação de ferramenta que a máquina “A”. Embora as máquinas sejam de mesmo fabricante e modelo, elas são de gerações diferentes e apresentam diferenças construtivas tanto na fixação da ferramenta quanto na fixação da peça, Fig. (3).

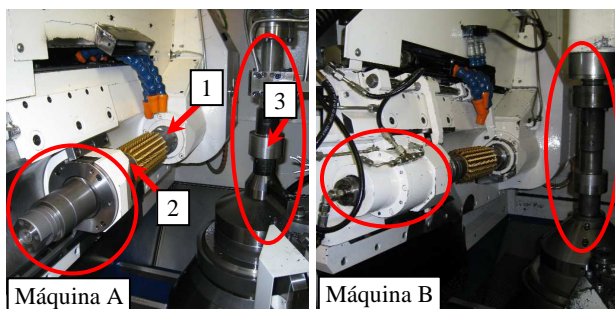


Figura 3. Pontos de medição: 1,2 (ferramenta) e 3 (peça)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro lóbulo de frequência natural da peça foi muito próximo da frequência natural medida no ponto (1) da ferramenta (1430 Hz e 1445 Hz respectivamente). Isto significa que, quando uma das partes for excitada por algum motivo, ela irá naturalmente provocar a vibração da outra.

A outra fonte de vibração é à entrada dos dentes da ferramenta na peça. Devido as peculiaridades da ferramenta, este processo em específico apresenta duas frequências diferentes. A primeira frequência de impacto

foi 137 Hz e a segunda foi 1758 Hz.

A segunda consideração importante é que a medição da frequência natural da peça foi medida antes do fresamento. Dada a remoção de material (massa) da peça, há uma menor e diferente distribuição, que certamente altera o valor da frequência natural. A redução de massa faz com que a frequência natural seja maior.

Comparando a frequência de excitação (1758 Hz) com o segundo lóbulo da frequência natural da peça (1720 Hz), observa-se que estes valores são muito próximos. Considerando ainda um possível aumento do segundo lóbulo da peça, os valores serão potencialmente os mesmos. Isso significa que neste processo ocorrerá forte interação e ocorrência de vibrações entre a ferramenta e a peça.

Observa-se que o impacto da ferramenta na peça incide sobre o segundo lóbulo de vibração da peça. Esta vibração forçada provoca também uma vibração no primeiro lóbulo (1430 Hz), que por sua vez excita a ferramenta, ocasionando vibrações regenerativas.

Ações corretivas foram tomadas no sistema de fixação da ferramenta e posteriormente foram medidos diferentes valores de frequências para os lóbulos do sistema ferramenta/fixação. Isso era esperado, devido à melhora da fixação da ferramenta alterar a rigidez do sistema. As últimas medições demonstraram uma diferença maior entre as frequências naturais da peça e da ferramenta, portanto, não houve coincidência de frequências, o que explicou a estabilidade do processo.

CONCLUSÃO

A máquina “A” apresentava lóbulos de vibrações coincidentes de seus sistemas de fixação da peça e da ferramenta. Este modo de vibração era próximo ainda com uma frequência de entrada dos dentes da ferramenta nas peças, que por sua vez excitava todo o sistema. Isso era demasiadamente prejudicial para a vida da ferramenta. Com a correção do sistema de fixação das ferramentas de corte, esta coincidência de frequências foi evitada e a vida da ferramenta de corte da máquina “A” foi normalizada.

REFERÊNCIAS

- ALTINTAS, Y., 2000, “Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design”, 1.Ed. New York, Cambridge University Press, 288 p.
- POLLI, M. L., 2005, “Análise da Estabilidade Dinâmica do Processo de Fresamento a Altas Velocidades de Corte”. Universidade Federal de Santa Catarina, tese de doutorado.
- TLUSTY, G., 2000, “Manufacturing Process and Equipment”, 1.Ed. New Jersey: Prentice Hall, 928 p.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.