Desenvolvimento de Sistema Anti-vibração em usinagens internas

Palavras-Chave: Usinagem, Acabamento superficial, Vibrações

Autores(as):

Thiago Silva Pereira, FCA - UNICAMP

Prof. Dr. Daniel Iwao Suyama (orientador), FCA - UNICAMP

Prof. Dr.Eduardo Paiva Okabe (coorientador), FCA - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A usinagem é definida pela norma ABNT NBR 6175 (2015) como sendo o processo de fabricação mecânica que, mediante a remoção do cavaco por determinada ferramenta, visa conferir a uma peça a forma, as dimensões ou o acabamento especificado, ou ainda uma combinação qualquer destes três itens. Havendo nela operações como: Furos, desbastes, acabamentos, mandrilamentos entre outros.

Quando furos de grandes diâmetros e grandes profundidades se encontram sobre a linha de centro em peças de revolução, eles podem ser realizados por meio das operações de furação e torneamento interno. A barra de torneamento interno se assemelha a uma viga elástica engastada fixada em uma de suas pontas e sofrendo esforço na outra. Se o comprimento da barra é L, a deflexão no ponto de contato com a força será:

$$\delta = \frac{F_c \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}; \quad (1)$$

Na qual F_c é a força de corte proveniente da usinagem, L é o balanço da ferramenta (distância entre a extremidade livre e o ponto de fixação da ferramenta), E é o módulo de

elasticidade do material do qual a ferramenta é feita e I é o momento de inércia, de acordo com a seção transversal da ferramenta. Assim, a redução da deflexão passa por condições como a redução do balanço (realizando furos de menor profundidade - o que depende do projeto da peça), escolha do material da ferramenta com maior módulo de elasticidade, geometria da seção transversal que promova maior momento de inércia ou a redução da força de corte.

De acordo com Diniz (2013), a força de corte pode ser estimada utilizando-se grandezas como avanço (f), profundidade de usinagem (a_p), e velocidade de corte (v_c). Uma vez que a força oscila por diversos fatores, a compreensão desta leva à compreensão das vibrações na usinagem.

Durante a usinagem as forças aplicadas à ferramenta de corte podem ser descritas em componentes da F_u, sendo essas componentes Força Ativa (F_t), a força que está no plano de trabalho e Força Passiva (F_p), a força de profundidade (DINIZ, 2013).

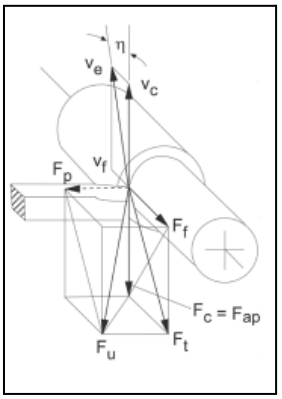


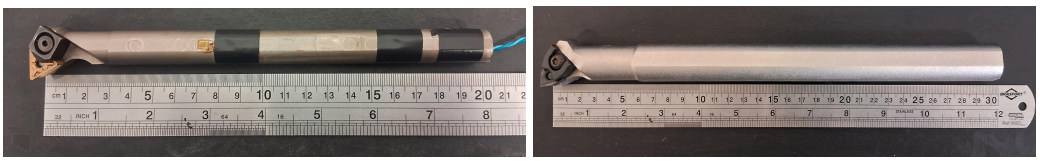
Figura 1 - Representação das forças de usinagem e seus componentes, no torneamento.
Fonte: DINIZ, 2013.

Entendendo as forças de usinagem, pode-se analisar as frequências e modos de vibrar da ferramenta, para entender a origem e comportamento da vibração da mesma. (RAO, 1999)

O intuito deste trabalho é coletar os modos de vibração de ferramentas de torneamento interno através de ensaios e análises para então propor e validar uma forma de reduzir ou dificultar a ocorrência da vibração. Espera-se identificar condições que provoquem vibrações exageradas e que causem danos ao acabamento superficial da peça. A etapa final será a proposta de um amortecedor simples ou um sistema que permita monitorar as vibrações e atuar na usinagem antes que os danos aconteçam.

METODOLOGIA:

Primeiramente foi feita a escolha das ferramentas à serem utilizadas nas análises e ensaios, foram escolhidas de diâmetros diferentes e formatos de insertos diferentes, buscando abranger diferentes condições de usinagem nos testes. As ferramentas selecionadas foram S16R PTFNR 16, com 16 mm de diâmetro e comprimento de 200 mm e S25T MWLNR08 com 30 mm de diâmetro e comprimento de 300 mm, representadas respectivamente na figura 2 (a) e (b).

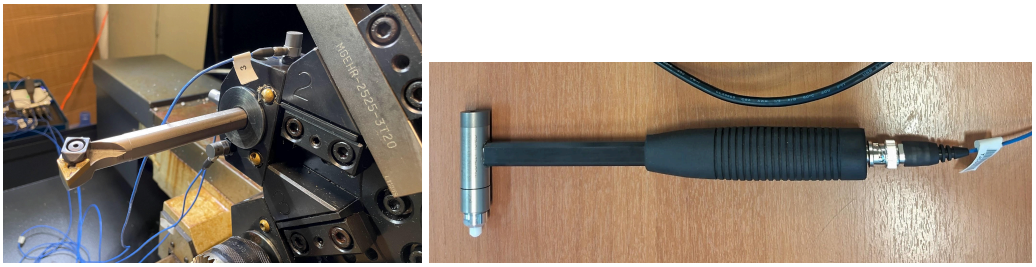


(a) (b)

Figura 2: (a) Ferramenta de usinagem interna com Ø 16 mm; (b) Ferramenta de usinagem interna com Ø 25 mm. Fonte: Autoria Própria.

Então foi feita a análise estática das ferramentas, presas em máquina, com o intuito de obter conhecimento dos modos de vibração. A máquina utilizada para a análise é um Torno CNC, modelo Quazar SE-4610, que possui 7,5 kW de potência e seu eixo-árvore tem capacidade de 4000 rpm.

Na realização da análise, opta-se pela coleta de dados por instrumentação, utilizando martelo de impacto instrumentado do modelo 086C03, acelerômetros de alta sensibilidade e um módulo de aquisição de sinais analógicos, NI-9234, mostrados na figura 3:



(a) (b)

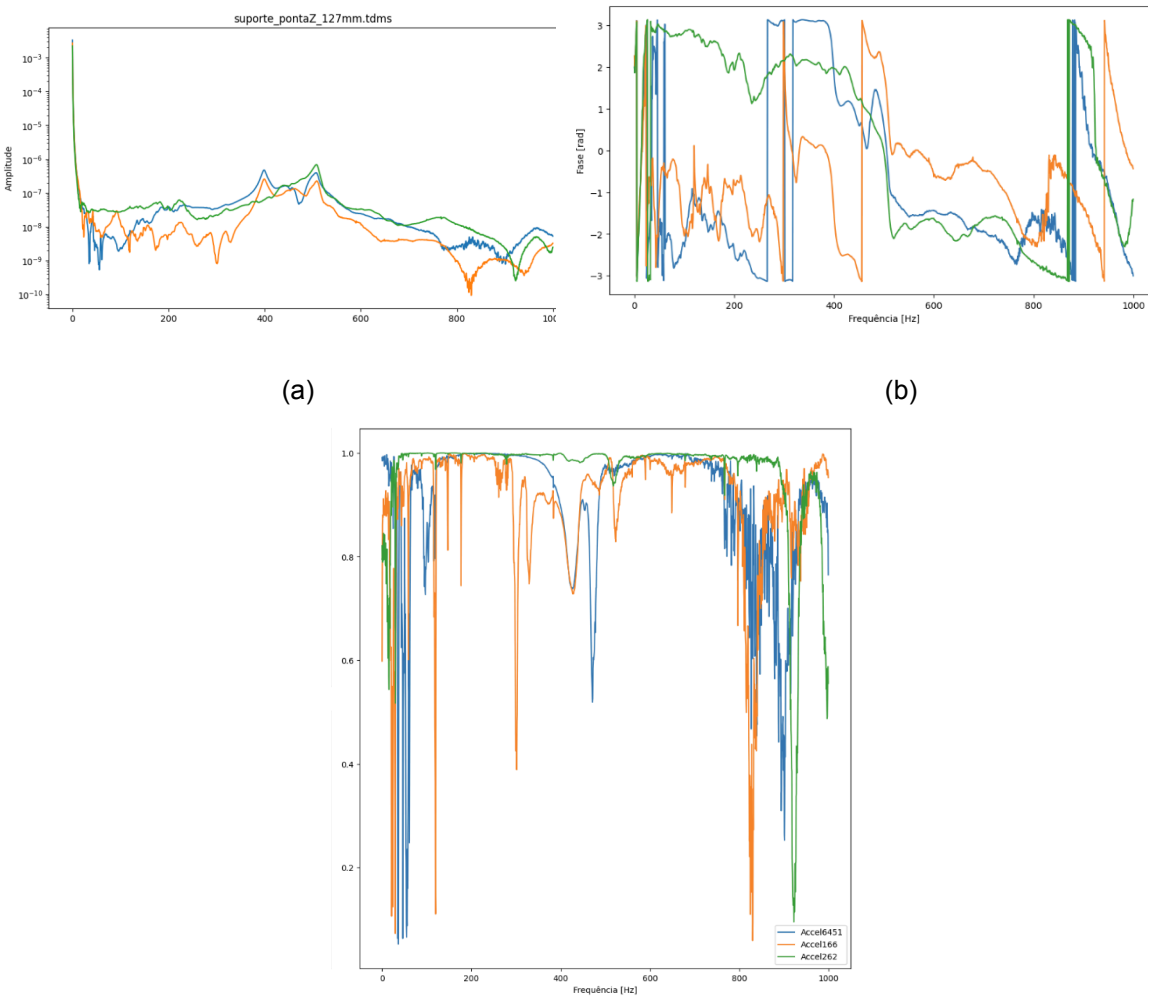
Figura 3: (a) - Ferramenta montada para análise modal, com acelerômetros presos ao suporte; (b) - Martelo de impacto instrumentado. Fonte: Autoria própria.

Para utilizar os instrumentos citados acima foi utilizado o software de processamento de sinais LabView. Onde utilizou-se de um programa nomeado de ModalLab desenvolvido previamente no LabView.

O ModalLab faz a recepção dos sinais dando uma visualização gráfica tanto dos acelerômetros quanto do martelo de impacto no momento do ensaio. A partir dele também é possível gravar os dados obtidos em arquivos para depois tratá-los.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A partir das análises feitas, pode-se obter alguns gráficos, mostrados na Figura 4 a, b e c:



(a) (b)

(c)

Figura 4: (a) Amplitude x Frequência; (b) Fase x Frequência; (c) Gráfico representa a coerência.
Fonte: Autoria Própria

Os gráficos plotam os resultados obtidos pela análise modal, pode-se extrair deles os modos de vibrar da ferramenta, que estão bem claros em posições como 400Hz e aproximadamente 500Hz, também é observável um modo de vibração em aproximadamente 800Hz. Os gráficos atestam as informações entre si, pois quando há uma variação na amplitude e a fase se inverte e na mesma frequência há uma queda no valor da coerência há indicação de que há um modo de vibrar, naquela frequência. A partir desses e outros gráficos é possível distinguir as frequências naturais do suporte utilizado e da ferramenta. A análise completa mostra quais modos de vibrar se originam no suporte e

quais se originam quando à ferramenta é presa à ele, tanto com um balanço alto quanto baixo, indicando intensificação de amplitudes de resposta modal, inserimos a ferramenta com um balanço baixo e intensificando mais ainda quando colocamos um balanço alto. Situação que se manterá constante para as duas ferramentas.

CONCLUSÕES:

A partir das análises realizadas, pode-se concluir que quando se tem uma estrutura mais rígida, os modos de vibração irão aparecer em frequências maiores, logo quando se coloca componentes com balanço os modos aparecerão em frequências menores, e quanto maior o balanço menor será a frequência natural da estrutura, pois diminuirá a rigidez da mesma.

Tendo o conhecimento das frequências naturais de uma ferramenta montada à um suporte, traz a possibilidade de evitar essas frequências manipulando as forças de corte através dos parâmetros de corte dentro dos limites da ferramenta, porém isso pode não ser um método eficaz, pois os parâmetros de corte nem sempre vão possuir um campo de variação alto entre eles e também pela existência de diferentes modos vibrar ao longo da frequência natural, evadindo de uma frequência natural pode se chegar em outra.

Desenvolvendo um sistema de anti-vibração deve-se focar em aumentar a rigidez da estrutura, onde aumenta-se o valor das frequências naturais, permitindo o maior valor de forças de corte dentro da usinagem, levando muitas vezes ao aumento na produtividade ou até mesmo à maior facilidade em controlar medidas e manter o acabamento superficial requisitado.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6175: Usinagem - Processos Mecânicos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

DINIZ, A.E.; MARCONDES, F.C.; COPPINI, N.L. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais.** 8 ed. São Paulo: Artliber, 2013.

RAO, B.; SHIN, Y. C. **A comprehensive dynamic cutting force model for chatter prediction in turning.** International Journal of Machine Tools and Manufacture, v. 39, p. 1631-1632, 1999.