

Detecção de danos em ferramentas de usinagem utilizando emissão acústica, processamento de sinais e extração de características

Lucas Pires Bernardes

Pedro de Oliveira Conceição Júnior

Universidade de São Paulo

lucasbernardes@usp.br

Objetivos

Os sistemas de detecção de danos e diagnóstico de falhas baseados em monitoramento de condições em processos de manufatura fazem uso de sensores modernos (emissão acústica, vibração etc.), algoritmos de processamento de sinais e extração de características, sendo capazes de realizar previsões com base em padrões, permitindo identificar falhas precoces no processo de usinagem, tais como quebras, trincas, danos térmicos, vibrações etc. (ÇINAR et al., 2020).

Sendo assim, este estudo se concentra no desenvolvimento de novos métodos e de soluções alternativas para monitoramento e diagnóstico de falhas no processo de fresamento e utilizando indicadores de condição que quantificaram os danos ocorridos a partir de implementação de métricas de processamento digital de sinais de emissão acústica obtidos com transdutor piezoelettrico durante experimentos. O presente trabalho encontra-se em fase de desenvolvimento e este documento apresenta resultados parciais relativo a um estudo inicial por meio do emprego do valor médio quadrático (RMS) nos sinais oriundos de ensaios de fresagem. O estudo foi conduzido testando diferentes bandas de frequência dos sinais acústicos coletados durante o processo, por meio do cálculo da transformada rápida de Fourier (FFT – *fast Fourier transform*).

Métodos e Procedimentos

A análise experimental foi realizada com base em ensaios de fresamento variando os principais parâmetros do processo a fim de se estudar o desgaste da fresa em diferentes condições de usinagem. A furação foi realizada com sete mil (7.000) rotações por minuto (velocidade de corte de 220m/min) com avanço de 0,1 mm por volta ou avanço de 2800 mm por min em placas de compósito fixadas em suporte de alumínio, aço e resina. O sistema de aquisição de dados foi composto por um sensor de emissão acústica piezoelettrico wireless que foi responsável pela detecção de informações relativas à condição da ferramenta e que foram expressas por meio de sinais elétricos digitalizados em computador por meio de placa de aquisição. Os sinais foram consolidados para posterior processamento e análise de dados por meio da metodologia proposta utilizando o software MATLAB®.

A análise dos resultados deu-se mediante a observação das características mais relevantes referentes a sua condição, tendo como base a comparação dos diferentes níveis de danos com a condição inicial da ferramenta.

Resultados

A partir dos sinais adquiridos pelo sensor referente ao processo de fresamento, analisou-se os mesmos no domínio da frequência com uso da FFT, obtendo-se várias faixas de

frequências passíveis de análise para que seja possível determinar o estado da fresa. Sendo assim, filtraram-se os sinais nessas faixas de frequência escolhidos, com o uso de um filtro passa-banda do tipo Butterworth, posteriormente aplicando-se o RMS a esses sinais e calculando a sua média, para poder-se analisar a evolução da presença de certas frequências no sinal com o uso da fresa. Na Figura 1 está presente esse processo na faixa de 20 a 50 kHz.

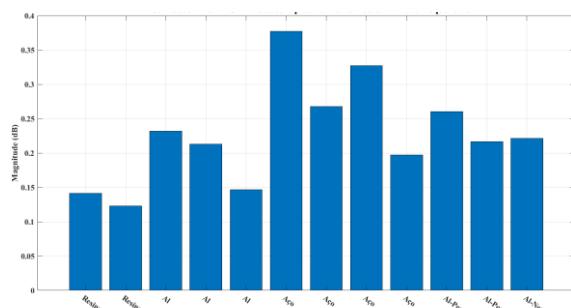


Figura 1: Média dos sinais RMS filtrados na faixa de 20 a 50 kHz para cada passada da fresa, em diferentes materiais de suporte

Conclusões

Com esse estudo, nota-se que o comportamento do sinal se altera a partir do fresamento em placas de carbono fixadas em diferentes materiais de suporte. Da mesma forma, observa-se que o desgaste da ferramenta influencia diretamente a energia do sinal, já que à medida que o número de furos aumenta a fresa sobre avaria devido a sua abrasividade do compósito. Tal análise permite assim determinar qual é o momento devido para a troca da fresa, evitando desperdício de material e dano ao equipamento. Posteriormente, será realizada a implementação dos índices desvio do valor médio quadrático (RMSD – *root mean square deviation*) e desvio do coeficiente de correlação (CCMD – *correlation coefficient deviation error*), tendo como base o espectro de frequências obtido a partir da transformada rápida de Fourier (fast Fourier transform). Este estudo irá permitir uma análise mais robusta das bandas

de frequências mais representativas quanto ao desgaste da ferramenta a fim de se complementar o presente estudo.

Agradecimentos

Agradeço à minha família, a qual me deu condições para ingressar na universidade e, portanto, realizar essa pesquisa, bem como a orientação do professor Dr. Pedro de Oliveira Conceição Júnior. Por fim, agradeço à Universidade de São Paulo pela disponibilidade do Laboratório de Automação Industrial (LAI-SEL) e dos trabalhos anteriores sobre o tema.

Referências

AGHAZADEH, F.; TAHAN, A.; THOMAS, M. Tool condition monitoring using spectral subtraction and convolutional neural networks in milling process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 98, n. 9–12, p. 3217–3227, 31 out. 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00170-018-2420-0>>.

AGOGINO, A.; GOEBEL, K. Milling Data Set. NASA Prognostics Data Repository. BEST Lab, UC Berkeley, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA. 2007.

BASSO, I.; VOIGT, R.; RODRIGUES, A. R.; MARIN, F.; DE SOUZA, A. F.; DE LACALLE, L. N. L. Influences of the workpiece material and the tool-surface engagement (TSE) on surface finishing when ball-end milling. *Journal of Manufacturing Processes*, v. 75, p. 219–231, mar. 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S152661252200007X>>.

ÇINAR, Z. M.; ABDUSSALAM NUHU, A.; ZEESHAN, Q.; KORHAN, O.; ASMAEL, M.; SAFAEI, B. Machine Learning in Predictive Maintenance towards Sustainable Smart Manufacturing in Industry 4.0. *Sustainability*, v. 12, n. 19, p. 8211, 5 out. 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/19/8211>>.