



MONITORANDO O DESVIO DE CIRCULARIDADE NO PROCESSO DE FURAÇÃO EM UMA FRESADORA CNC UTILIZANDO SINAIS DE VIBRAÇÃO MECÂNICA

Tatiana Meola

Faculdade Federal de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia
tatianameola@bol.com.br

Marcus Antônio Viana Duarte

Faculdade Federal de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia
mvduarte@mecânica.ufu.br

Marcos Morais de Sousa

Faculdade Federal de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia
mmsousa@mecânica.ufu.br

Sandro Cardoso Santos

Faculdade Federal de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia
scsantos@mecânica.ufu.br

Resumo. Neste trabalho é apresentado uma metodologia de monitoramento de uma verificação de tolerância geométrica no qual indica o desvio de circularidade do furo. O processo de monitoramento é feito com os sinais de vibração mecânica medidos por um acelerômetro piezoelétrico durante a operação de furação feita por uma fresadora CNC de 15 CV. A variável monitorada é um desvio geométrico de forma no qual avalia a circularidade do furo. Assim, este trabalho, faz uma correlação indireta desta variável de tolerância geométrica com índices estatísticos que podem indicar a estimativa do desvio de circularidade dos furos. Dos parâmetros estatísticos mais utilizados para correlacionar um fenômeno no domínio do tempo, tais como, média, desvio padrão, nível RMS, valor pico, valor pico a pico, fator de crista e kurtosis, iremos utilizar o nível RMS da aceleração monitorado durante a operação de furação, por apresentar uma melhor correlação com o parâmetro em estudo.

Palavras-chave: desvio de circularidade, furação, monitoramento e vibração.

1.INTRODUÇÃO

A automatização é, sem duvida, um procedimento que otimiza e diminui o preço final das peças nos processo de usinagem. Num processo automatizado, o monitoramento é de suma importância como foi bem enfatizado no trabalho Du et al. (1995), no monitoramento das ferramentas de corte, ou ainda controle do acabamento das peças produzidas que foram o objetivo dos estudos (de Sousa et al, 1997). Existem várias técnicas e procedimentos de manutenção preditiva de máquinas para realizar este controle, como descreve Duarte (1997). Tais técnicas utilizam sensores que são instalados em locais

estratégicos das máquinas para detectarem “on line”, sinais que possam ser correlacionados de alguma forma com os parâmetros necessários para controle da máquina, ferramenta ou peça. Assim, este trabalho apresenta uma maneira de correlacionar um dos parâmetros fundamentais de controle de furos, que é o desvio de circularidade, com os sinais oriundos da vibração mecânica gerados durante o processo de furação. A técnica de monitoramento por meio de sinais de vibração foi utilizada, neste trabalho, por já existirem estudos que caracterizaram, via vibração mecânica, o processo de usinagem na fresadora CNC (de Sousa, 1998). Recentes trabalhos vêm fazendo estimativas do tempo de vida e hora da troca das brocas em função do nível de vibração da máquina que apresenta uma elevação do nível de aceleração quando o desgaste das brocas começa ficar acentuado (Castro et al, 2001). Santos (1999) fez um estudo do crescimento do desgaste de flanco das brocas de aço carbono furando blocos de ferro fundido, o qual apresenta como uma das conseqüências a perda da cilindricidade dos furos à medida que o desgaste torna-se acentuado. Portanto, nesta linha de pesquisa, este trabalho apresenta uma maneira de se fazer uma correlação do nível de aceleração da fresadora com o desvio de circularidade dos furos feitos pela fresadora CNC que de modo indireto monitora o acabamento e a tolerância dimensional dos furos.

2.METODOLOGIA

Para verificação da técnica deste procedimento de monitoramento, foram utilizadas barras de ferro fundido GH190 de 45 mm de espessura e um conjunto de brocas de metal duro integral com diâmetro de 10 mm, classificadas nos seguintes grupos:

- Brocas sem revestimento;
- Brocas com revestimento de TiN; TiAlN; TiAlN/MoS₂ e com revestimento de multicamadas.

Para a aquisição dos sinais de vibração da fresadora CNC, foram utilizados um acelerômetro piezoelétrico, um condicionador de sinais, uma placa de aquisição de sinais e um micro computador para processamento dos dados adquiridos. A Figura (1) mostra o diagrama desta instrumentação.

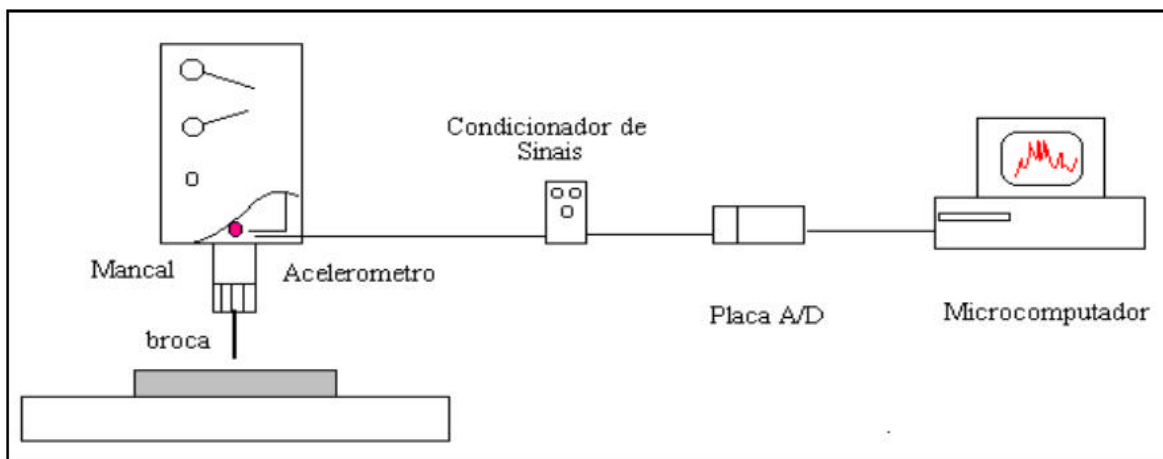


Figura 1. Diagrama de bloco da instrumentação utilizada no monitoramento

O acelerômetro piezoelétrico responsável pela detecção dos níveis de vibração durante o processo de furação, foi instalado no mancal inferior do eixo porta ferramenta porque estudos como de Sousa em 1998, comprovaram ser este, um bom local para monitorar o processo de fresamento. Sendo assim, utilizou-se do mesmo procedimento e instrumentação na fresadora CNC para monitorar o processo de furação.

Os furos foram medidos com um calibre pneumático. O instrumento indica o valor em μm da diferença entre a medida real e a medida nominal do furo, no caso 10,00 mm. Foram feitas medidas de três furos ao longo da vida das ferramentas, sendo uma no início, outra na metade e a última no final da vida de todas as ferramentas ensaiadas. As medidas foram realizadas na entrada, no meio e na saída dos furos, sempre na mesma profundidade, condição que foi garantida com a utilização de uma gabarito. A Fig. (2) mostra o calibre e a Fig. (3) mostra o princípio de funcionamento.

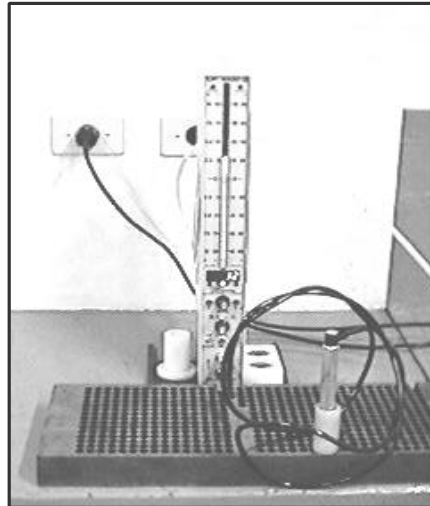


Figura 2 - Calibre pneumático utilizado para medição do diâmetro do furos

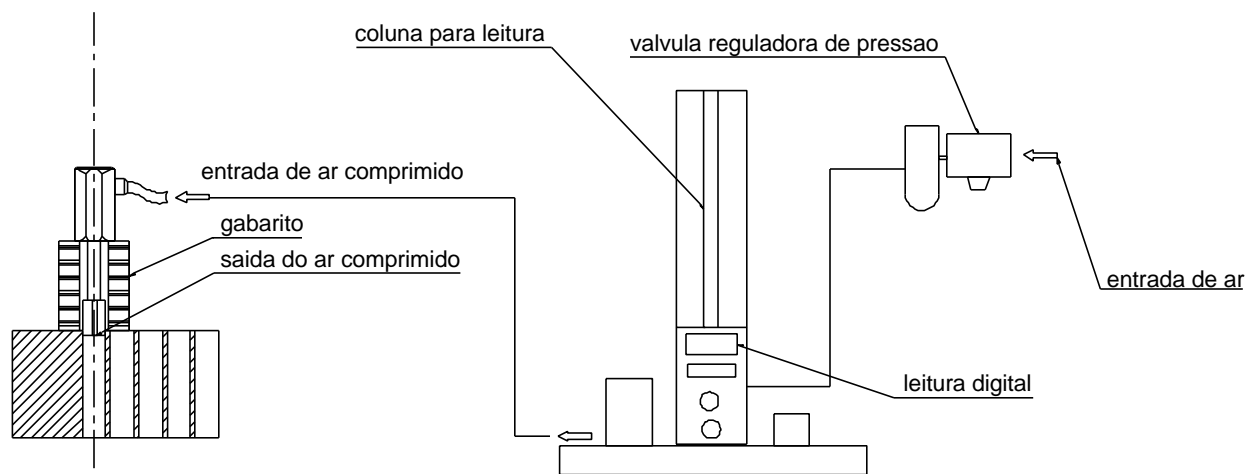


Figura 3 – Esquema de funcionamento do calibre pneumático para medição de diâmetro

O ar comprimido passa através de uma válvula controladora de pressão e é conduzido até o calibre que, por sua vez é introduzido no furo. O ar deixa o calibre através de dois orifícios, em posição diametralmente oposta, movimentando-se na direção radial. As paredes do furo oferecem resistência à saída do ar e um sensor mede essa resistência e envia o sinal de resposta ao instrumento, que fornece a leitura do valor da medida.

A medida fornecida pelo instrumento corresponde à distância entre dois pontos diametralmente opostos da parede dos furos. A rotação do calibre no interior dos furos permitiu que fossem feitas várias leituras dessas distâncias. Foram tomadas o maior e o menor valor das leituras obtidas. A Fig. 4 mostra o desenho esquemático do perfil de um furo e duas circunferências que o tangenciam interna e externamente.

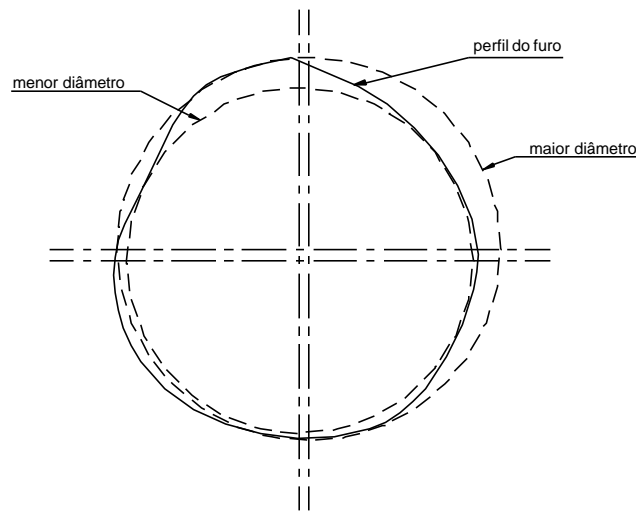


Figura 4 – Desenho esquemático das medidas dos diâmetros.

Os diâmetros das circunferências tangentes ao furo correspondem à menor e à maior medida do diâmetro para cada posição medida.

3. RESULTADOS

Os resultados aqui apresentados, são representativos de uma série de ensaios de furação, em que os parâmetros de corte na fresadora foram ajustados em:

- velocidade de corte de 110 m/min;
- avanço de 0.25 mm/volta;
- furos passantes com relação comprimento/diâmetro = 4,5.
- aplicação de mínima quantidade de fluido de corte na vazão de 50 ml/h.

A Fig. (5) mostra a evolução dos níveis globais de aceleração (nível RMS) em função do número de furos de um ensaio padrão, onde pode-se observar que a medida em que a ferramenta se desgasta pelo aumento do número de furos o nível RMS de vibração medido no mancal da fresadora aumenta significativamente.

Como consequência do desgaste das brocas, pôde-se verificar também, que o desvio de circularidade aumenta, ou seja: é possível correlacionar este parâmetro com o nível de vibração, como pode ser observado na Fig. (6), representativa dos ensaios realizados, a qual mostra a evolução dos níveis de aceleração com o aumento do desvio de circularidade para uma broca sem revestimento. Observa-se, na Fig. (6), que a partir de um desvio de circularidade de 30 μm , os níveis de vibrações aumentam drasticamente com o aumento do mesmo. A indefinição de tendência, observada para desvios de circularidade menores do que 30 μm , ocorre devido ao fato de, no início, não haver perfeito ajustamento entre broca e mandril, sendo assim, inicialmente os níveis de vibração são maiores, diminuindo com o ajuste da ferramenta.

Já na Fig. (7) são apresentados os resultados de um teste representativo dos ensaios de furos feitos com brocas revestidas.

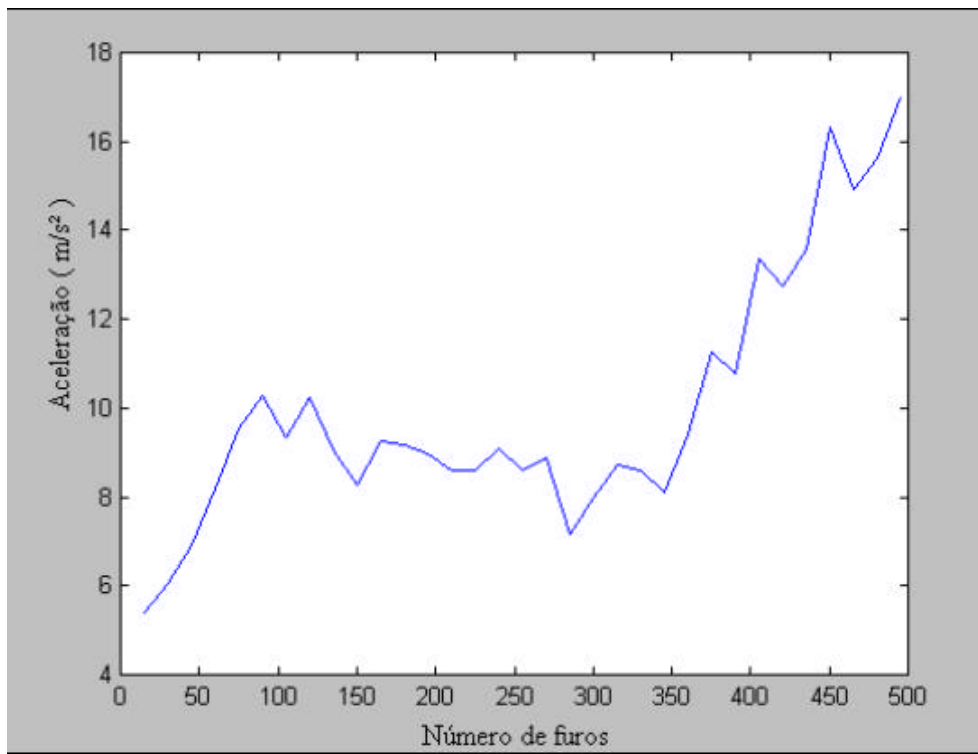


Figura 5 . Nível de vibração em função do número de furos

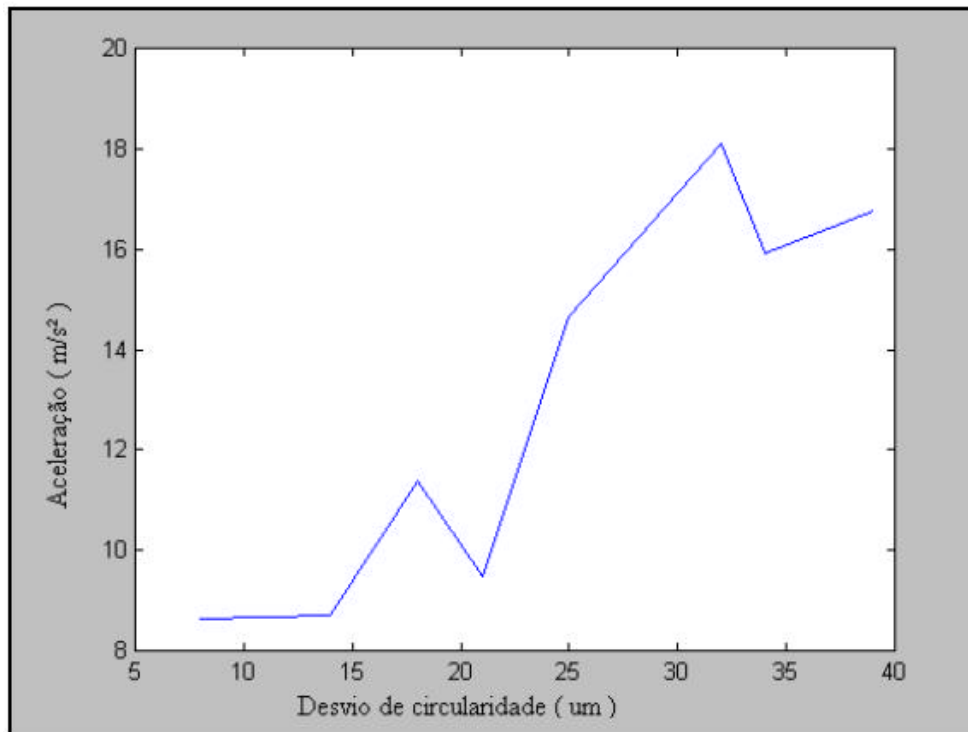


Figura 6. Níveis de vibração em função do desvio de circularidade, de um teste representativo dos ensaios com brocas não revestidas

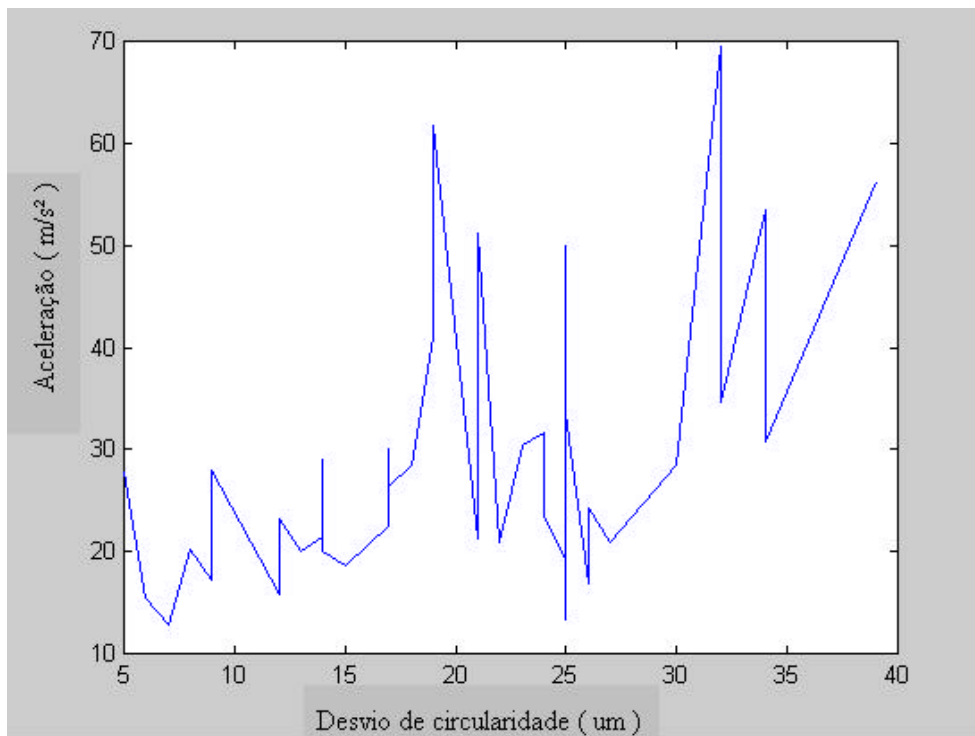


Figura 7. Níveis de vibração em função do desvio de circularidade para um teste representativo dos ensaios com brocas revestidas

Na Tab. (1) são mostrados os coeficientes de correlação entre os desvios de circularidade e os níveis de potência de aceleração, calculados para 22 bandas de 1/3 de oitava centradas entre as frequências de 20 a 2500 Hz . Estes resultados dizem respeito aos ensaios com as brocas sem revestimento.

Tabela 1. Coeficiente de correlação entre o desvio de circularidade com os níveis de potência em bandas de 1/3 de oitava. Brocas sem revestimento.

Freq.[Hz]	Coef.de Correlação (%)	Freq.[Hz]	Coef. De Correlação (%)
20	24.35	250	47.43
25	-4.19	312	26.59
31.2	47.25	400	20.56
40	47.32	500	22.52
50	43.37	360	30.53
63	47.60	800	27.65
80	44.60	1000	26.92
100	37.92	1250	22.57
125	25.01	1600	-14.31
160	26.93	2000	-24.05
200	41.50	2500	16.36

Uma análise da Tab.(1) mostra que os maiores coeficientes de correlação foram calculados para as bandas de frequência centradas em 31.2, 40, 63 e 250 Hz.

A Tab. (2) mostra os coeficientes de correlação entre os desvios de circularidade e os níveis de potência de aceleração, em bandas de 1/3 de oitava, para o conjunto de dados referente às brocas revestidas. Neste caso observa-se algumas bandas de frequências cujo coeficiente de correlação apresentou valores entre 80 a 92 %.

Tabela 2. Coeficiente de correlação entre o desvio de circularidade e os níveis de potência em bandas de 1/3 de oitava .

Freq.(Hz)	Coef. de Correlação (%)	Freq.(Hz)	Coef. de Correlação (%)
20	61.42	250	86.67
25	-45.53	312	86.77
31.2	84.25	400	66.58
40	91.06	500	77.69
50	84.54	630	67.83
63	90.68	800	66.93
80	85.24	1000	84.80
100	69.74	1250	35.40
125	29.56	1600	-98.34
160	80.02	2000	-85.35
200	87.98	2500	-30.81

Na Tab.(3), são apresentados os parâmetros estatísticos do tempo constituídos pelo nível médio quadrático global (RMS), valor máximo de pico (P), valor máximo pico a pico (P-P), fator de crista (FC) e kurtosis (K) na banda de melhor correlação da análise global.

Tabela 3. Coeficiente de correlação com os parâmetros estatísticos de tempo

Param.Estatísticos	Coef. de Correlação (%)
RMS	30.52
P	-17.92
P-P	-21.42
FC	-40.62
K	-27.60

Ao contrário dos níveis de potência de vibração, o coeficiente de correlação entre os parâmetros temporais e o desvio de circularidade, para o conjunto de todos os ensaios, foram deveras baixos, sendo que a maior coerência foi observada para o nível RMS global (Tab. (3)).

4.CONCLUSÃO

Em função dos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que:

- Os parâmetros de vibração são eficientes para o monitoramento do processo de furação, quer seja do ponto de vista do desgaste da ferramenta, quer seja no controle da qualidade do furo (erro de circularidade).

- O nível de potência global (RMS) de aceleração é um bom indicador do desgaste de ferramentas.
- Para uma ferramenta específica, a evolução do nível RMS de vibração global está correlacionado com o desvio de circularidade.
- Para uma modelagem global de desvios de circularidade (várias ferramentas diferentes), os níveis de potência sonora em algumas bandas de 1/3 de oitava são mais indicadas para o monitoramento.

5. REFERENCIAS

- Du,R.,Elbestawi, M. and Wu,S.M., 1995 “Automated Monitoring of Manufacturing Process Part 1, Monitoring Methods”. Journal of Engeneering for Industry vol 117, pp121-131.
- Duarte, M.A, 1997, “Manutenção Preditiva via Monitoramento da Vibração”. UFU. 85 pp.
- Sousa, M. M., Duarte M. V., 1997. “Monitoramento do acabamento Superficial no fresamento via Vibrações”. XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica Bauru, SP. Anais em CD Room Paper num.674.
- Santos S. C., Machado, A . R., 1999, “Furação de Ferro Fundido Cinzento com Brocas de Metal Duro Integral”. Dissertação de Mestrado Apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, 115 p.
- Sousa, M. M. de, 1998, “Utilizando a Vibração Mecânica para Monitorar o Desgaste das Ferramentas de Corte e o Acabamento Superficial no Processo de Fresamento”, Tese de Doutorado Apresentada à Universidade Federal de Uberlândia.
- Castro, P.R., Sousa, M.M, “Utilizando os sinais de vibração para monitorar o Desgaste das Brocas de Aço Rápido no Processo de Furação.” XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica Uberlândia, MG. Anais em CD Room Paper num.2553.

USING VIBRATION SIGNAL TO MONITOR THE CIRCULAR DEVIATION OF A DRILLING PROCESS IN A FACE MILLING CNC.

Tatiana Meola

Faculdade Federal de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia
tatianameola@bol.com.br

Marcus Antonio Viana Duarte

Faculdade Federal de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia
mvduarte@mecânica.ufu.br

Marcos Morais de Sousa

Faculdade Federal de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia
mmsousa@mecânica.ufu.br

Sandro Cardoso Santos

Faculdade Federal de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia
scsantos@mecânica.ufu.br

Abstract. *This paper presents a methodology to monitoring the geometry tolerance that indicates the circular deviation of bore. The monitoring process uses the vibration signals measurements of a piezoelectric accelerometer on a face milling CNC of 15 CV. The monitored variable has been the geometric deviation of form that checks the circular deviation of the bore. Thus, this paper analysis the indirect correlation between this variable of geometric tolerance with statistics parameters that can indicates the circular deviation of the bore. Among the various statistics parameters used to correlate signals in the time domain have been mean value, standard deviation, RMS, peak value, peak to peak value, crest factor and kurtosis. The best results were getting with the RMS level of the acceleration due to its best correlation with the output parameters studied.*

Keyword: *circular deviation, drilling, monitoring and vibration.*