



SISTEMA DE MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ACÚSTICA DE RETIFICAÇÃO NO REBOLO (DEAR)

João J. F. Gomes¹, João F. G. Oliveira², Paulo H. C. Bellini³

Escola de Engenharia de São Carlos –USP, Departamento de Engenharia Mecânica, (1)jjfg@sc.usp.br, (2)jfgo@sc.usp.br, (3)phcb@sc.usp.br- São Carlos, SP, Brasil

Resumo. Foi desenvolvido um novo sistema de mapeamento do rebolo que utiliza a emissão acústica (EA) para compor um gráfico 3D, que representa a distribuição da energia acústica de retificação na superfície do rebolo, chamado DEAR. Apesar da EA ser um meio indireto de sensoriamento, o sensor de EA é bastante robusto, sendo adequado para o uso em ambientes industriais. O equipamento dedicado ao levantamento topográfico construído pela Sensis, dispõe de uma constante de tempo mínima de 10 ms, ou seja o monitor de EA gera continuamente um sinal com o valor correspondente ao nível RMS do sinal bruto calculado em um intervalo móvel cuja duração é igual a constante de tempo. Isto possibilita obter a resolução de 0,5 mm do perímetro de um rebolo de diâmetro 450 mm, girando a 1800 rpm. O programa desenvolvido para fazer o mapeamento da superfície do rebolo pode ser utilizado para realizar três procedimentos de medição: avaliação da dressagem, mapeamento topográfico e avaliação da atuação do rebolo na retificação. Neste artigo são apresentados alguns resultados a respeito dos mecanismos de desgaste de rebolos e sua representação com os sistemas desenvolvidos.

Palavras-chave: Emissão acústica, Sensoriamento, Mapeamento, desgaste de rebolos.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente considera-se que a aplicação de tecnologias de inteligência artificial utilizando microcomputadores de alto desempenho e controladores, é um meio de se conseguir produzir componentes de qualidade com mais eficiência, mesmo em pequenos lotes e com mudanças mais frequentes. A inteligência artificial (IA) pode ser definida como a capacidade de uma máquina executar tarefas normalmente associadas a inteligência humana como: raciocínio, aprendizado e auto-melhoramento.

Como o desempenho dos microcomputadores tem melhorado significativamente, enquanto o preço tem baixado, há uma expectativa crescente de que um grande volume de decisões operacionais simples possam ser delegadas às máquinas, deixando para o operador apenas as decisões mais importantes, permitindo que o mesmo possa supervisionar várias máquinas ao mesmo tempo.

A tendência de uso crescente de sistemas inteligentes aplicados ao processo de retificação é claro e sua reversão é improvável. A ciência da IA está se desenvolvendo

rapidamente, já se dispõe de softwares sofisticados de IA para aplicações gerais que facilitam bastante a implementação destas técnicas, Rowe, Li e Allanson (1996).

Estas técnicas podem ser utilizadas para fazer a integração dos sinais de vários tipos de sensores, sistemas multisensores apresentam maior confiabilidade do que sistemas monossensor, devido a sua capacidade de monitorar diferentes grandezas afetadas pelo fenômeno em questão. Obviamente, a escolha das características adequadas, do sinal monitorado, é essencial. As características ideais devem ser sensíveis ao estado do processo e insensíveis às condições de trabalho. Além disso, o monitoramento da grandeza física da qual é extraída a característica deve apresentar uma boa relação sinal/ruído, Du, Elbestawi e Wu (1995).

2. SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA TOPOGRAFIA DE REBOLOS EM PROCESSO NA RETIFICAÇÃO A SECO

Um sistema de mapeamento da superfície do rebolo em processo, foi proposto por Oliveira(1992), visando quantificar o desgaste dos grãos abrasivos e a uniformidade do processo de retificação.

Um segundo sistema foi proposto por Klein (1994), este sistema também utiliza um sensor ótico para adquirir a informação, como o primeiro. Porém o tipo de luz utilizada e a lógica da aquisição são diferentes.

2.1 Medição do estado de afiação de rebolos pela dispersão da luz refletida

Este sistema, proposto por Oliveira(1992), baseia-se na utilização de um feixe laser emitido na direção da superfície do rebolo e cuja reflexão é projetada em um sensor “multipixel” do tipo PCD (Plasma Coupled Device) com 128 pixels, controlado por um microcomputador.

A dispersão da luz refletida é inversamente proporcional à área de topo e à densidade de grãos abrasivos na superfície do rebolo. Estes parâmetros estão diretamente relacionados com o desgaste do rebolo.

O sistema desenvolvido obteve bons resultados, em experimentos de retificação a seco, demonstrando que é capaz de avaliar, de forma direta, em processo, o aumento da área de desgaste e da densidade de grãos abrasivos na superfície do rebolo.

2.2 Sistema para avaliação da topografia de rebolos em tempo real.

Klein(1994) propôs e desenvolveu um sistema de mapeamento do rebolo em processo que utiliza a medição da intensidade de luz refletida na superfície do rebolo para avaliar seu estado. A proposta deste sistema é fornecer além de informações a respeito do estado geral da superfície do rebolo, a avaliação das áreas desgastadas dos grãos, suas localizações e as quantificações aproximadas destes desgastes.

O sistema proposto por Klein (1994) teve como base a pesquisa feita por Sata et al (1972) que fazia a medição das áreas planas do desgaste dos grãos abrasivos, inclusive em processo. Este sistema usa um sensor fotoelétrico para detecção de pulsos de luz refletidos pelas áreas planas dos grãos. Porém, devido a baixa velocidade de resposta deste sistema, normalmente os resultados mais confiáveis são obtidos na medição pós-processo, com o rebolo rodando lentamente.

Similarmente, o sistema de Klein (1994) utiliza uma fonte que emite um feixe de luz contra a superfície do rebolo, de forma que o ângulo de incidência seja igual ao de reflexão.

Assim, posicionando o sensor fotossensível com a mesma inclinação apenas a luz refletida, proveniente da fonte do sistema, será captada.

A sincronização da aquisição de dados com a rotação do rebolo através de um gatilho, estabelece um ponto de referência que é utilizado na análise dos resultados, para localizar as posições das regiões da superfície do rebolo mais ou menos solicitadas.

A Fig. 1 mostra o processo de aquisição, onde se observa a construção do vetor, cujos valores representam a posição das áreas planas de desgaste, através da detecção dos feixes de luz refletidos em cada rotação do rebolo.

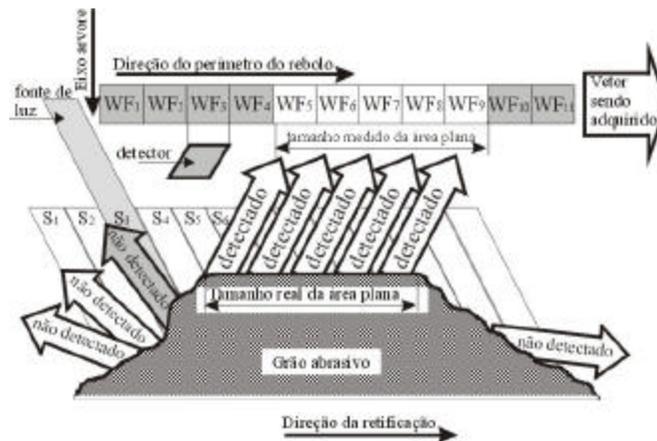


Figura1 - Metodologia para o mapeamento da área plana de desgaste do grão abrasivo, Oliveira, JFG; Coelho, RT; Klein, C (1994)

O tamanho de cada área plana pode ser estimado pelo número de amostras detectadas por grão multiplicado pela distância entre duas amostras. A composição dos vetores adquiridos em cada rotação, lado a lado, forma a matriz correspondente a reflexão luminosa da superfície do rebolo.

O sistema desenvolvido obteve bons resultados, em experimentos de retificação a seco, demonstrando que é capaz de avaliar, de forma direta, em processo, o aumento da área de desgaste e da densidade de grãos abrasivos na superfície do rebolo.

A comparação da evolução dos valores de desgaste, medidos pelo sistema, com a evolução dos valores da força normal de retificação mostrou que as duas variáveis tem o mesmo comportamento.

3. APLICAÇÃO DO SISTEMA DE MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ACÚSTICA DE RETIFICAÇÃO NO REBOLO (DEAR)

Um novo sistema de mapeamento do rebolo desenvolvido por membros do laboratório OPF utiliza a EA como sinal para compor um gráfico 3D, que representa a distribuição da energia acústica de retificação na superfície do rebolo. Apesar da EA ser um meio indireto de sensoriamento, o sensor de EA é bastante robusto e resiste à detritos sólidos e líquidos, sendo adequado para o uso em ambientes industriais.

A desvantagem de ser um meio indireto de sensoriamento está sendo superada pela utilização de software e hardware atuais, de alta performance, juntamente com um equipamento de monitoramento dedicado, desenvolvido e construído pela empresa Sensis.

Este sistema permite que se construa o gráfico 3D em tempo real, cuja resolução máxima é da ordem de dois pontos por milímetro do perímetro do rebolo utilizado nestes experimentos.

3.1 Concepção básica

A Fig.2 mostra um esquema da concepção básica do sistema de mapeamento da distribuição de energia acústica de retificação (DEAR) .

Pode-se observar na figura os elementos que compõe o sistema, descritos a seguir:

- Sensor de EA: capta o sinal bruto de EA, proveniente do contato peça/rebolo ou do contato dressador/rebolo em outro tipo de medição,
- Monitor de EA: amplifica, filtra e calcula o nível RMS do sinal fornecido pelo sensor de EA. O cálculo do nível RMS é feito com um tempo de integração (constante de tempo) correspondente ao tempo de passagem entre grãos abrasivos,
- Sensor de proximidade: emite um pulso elétrico a cada rotação completa do rebolo, quando um parafuso de cabeça saliente instalado na flange passa por ele. Este pulso é utilizado para sincronizar a aquisição do sinal de EA,
- Microcomputador com placa A/D: é controlado por um programa que: adquire o sinal tratado pelo monitor de EA, que contém o nível RMS do sinal filtrado e amplificado e o pulso de sincronização, processa os dados, apresenta na tela e permite armazenamento em disco. No sistema de mesa, é utilizado um microcomputador PC.

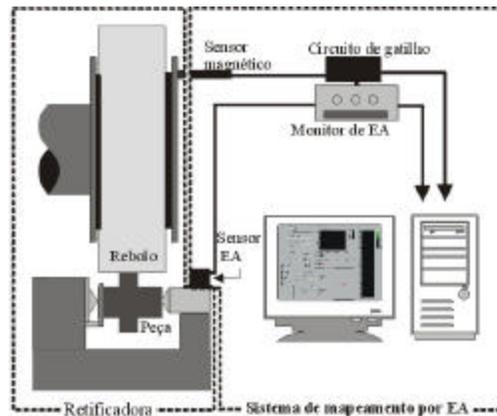


Figura 2 - Esquema da concepção básica do sistema DEAR.

O levantamento da imagem do sistema DEAR é reiniciado, sequencialmente a cada rotação do rebolo, quando o microcomputador recebe o pulso de gatilho através da placa A/D. Neste momento é iniciada a construção de um vetor de n pontos, cujos valores são correspondentes ao nível do sinal fornecido pelo monitor de EA, no instante da digitalização pela placa A/D.

Estes vetores são dispostos um ao lado do outro, sequencialmente, obedecendo a escala do tempo. O gráfico obtido é apresentado em 3D, sendo que a abcissa representa a escala de tempo, a ordenada representa o perímetro do rebolo e o tom de cor representa o valor de cada ponto.

A resolução do gráfico obtido com este sistema pode ser determinada através da seleção dos seguintes parâmetros: taxa de amostragem, número de amostras por aquisição e constante de tempo para o cálculo do RMS. Idealmente estes parâmetros devem ser selecionados para que se tenha uma amostra a cada choque da peça com um grão abrasivo. A Fig. 3 mostra uma ilustração do procedimento de construção do gráfico 3D, durante o processo de retificação.

O equipamento dedicado ao levantamento topográfico construído pela Sensis, dispõe de uma constante de tempo mínima de 10 μ s, ou seja o monitor de EA gera continuamente um

sinal com o valor correspondente ao nível RMS do sinal bruto calculado em um intervalo móvel cuja duração é igual à constante de tempo.

Isto possibilita obter a resolução de 0,5 mm do perímetro de um rebolo de diâmetro 450 mm, girando a 1800 rpm. Neste caso a taxa de amostragem deve ser de 90.000 amostras/s para adquirir aproximadamente 2900 pontos por revolução.

O referenciamento angular somente em um ponto apresenta repetibilidade compatível com a resolução do gráfico, como demonstrado por Klein (1994), e devido à simplicidade de sua instalação permite que o sistema seja portátil.

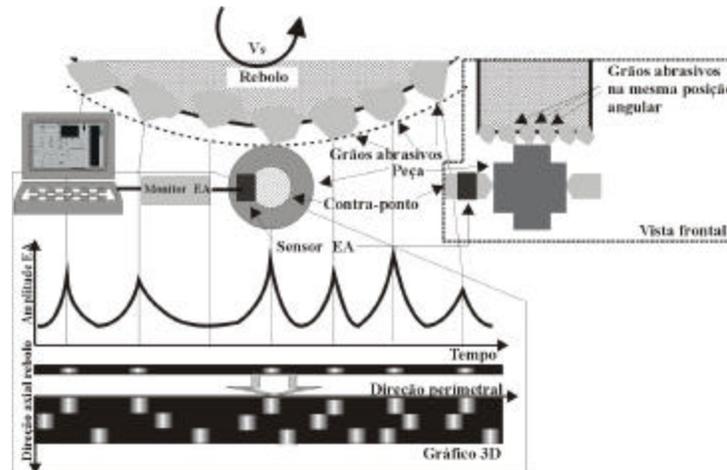


Figura 3 - Procedimento de construção do mapa do rebolo, no processo de retificação.

3.2 Programa do sistema de mapeamento do rebolo por EA.

O programa desenvolvido para fazer o mapeamento da superfície do rebolo pode ser utilizado para realizar três procedimentos de medição:

- Avaliação da dressagem: a uniformidade de cores da imagem produzida é proporcional à uniformidade da superfície do rebolo. Assim, falhas aparecem como regiões negras devido à falta de contato entre os grãos e o dressador,
- Mapeamento topográfico: realizando a dressagem com uma profundidade mínima, da ordem de 1 μm , não há desgaste de grãos pois nesta região ocorre o contato elástico entre dressador/rebolo. A imagem produzida desta forma representa a superfície ativa do rebolo.
- Avaliação da atuação do rebolo na retificação: esta função foi desenvolvida no âmbito deste trabalho. Cada vetor gerado pelo sistema de mapeamento, durante a retificação, é composto por pontos cujo valor corresponde ao nível RMS do sinal gerado por todos os grãos abrasivos, da largura de corte, que se encontram na mesma posição angular.

3.3 Experimentos com o sistema dear

Os experimentos com o sistema de mapeamento do rebolo, aplicado aos processos de retificação e de dressagem apresentaram bons resultados. A seguir são apresentados gráficos obtidos em ambos os processos.

Alguns gráficos também apresentam o sinal da potência consumida pelo motor do eixo árvore, pois o programa utilizado possui grande flexibilidade para aumentar o número de sinais adquiridos. Nestes gráficos o sinal da potência está sendo utilizado apenas como referência, porém a possibilidade da potência ser utilizada como um parâmetro para destacar as regiões desgastadas do rebolo, está sendo estudada. A Fig.4 mostra um gráfico obtido

durante uma retificação com condições pesadas de corte, onde houve redução da rotação do rebolo. Neste gráfico o eixo vertical representa a posição angular do rebolo (1 volta do rebolo), o eixo horizontal representa o tempo de usinagem e as cores representam o nível instantâneo de emissão acústica.

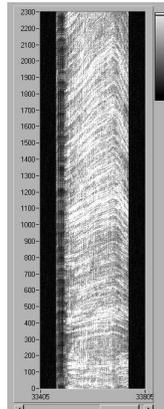


Figura 4 - Gráfico obtido no processo de retificação, o padrão gráfico indica que houve redução da rotação do rebolo. Pode-se observar nesta figura que há regiões onde o nível de energia acústica é concentrado. As linhas horizontais curvas, indicam que houve variação na rotação do rebolo devido ao aumento da carga.

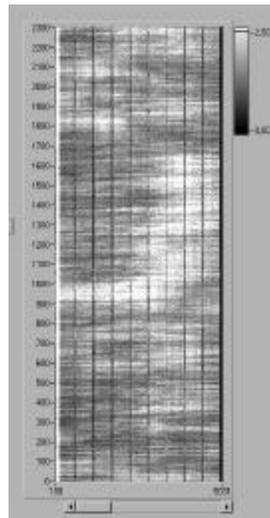


Figura 5 - Gráficos onde se observa a concentração das regiões mais utilizadas a cada ciclo.

A Fig.5 mostra gráficos obtidos em vários ciclos de retificação, cada faixa corresponde a um ciclo. Observa-se nesta figura que as regiões mais utilizadas tendem a se concentrar e possivelmente a se transformar topograficamente. Tal transformação representa a perda de grãos na superfície do rebolo.

A perda de grãos normalmente não é uniforme e leva a erros de circularidade no rebolo, o que resultará em vibrações proporcionais à sua rotação.

A Fig. 6 mostra dois gráficos obtidos, simultaneamente, durante a retificação de um corpo de prova de aço endurecido com rebolo de CBN.

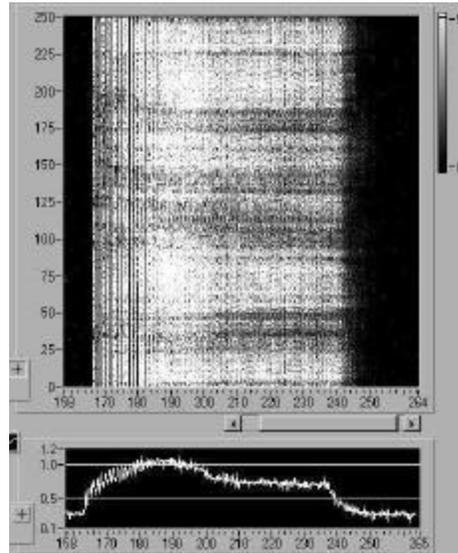


Figura 6 - Gráficos obtidos durante a retificação de uma peça de aço endurecido com rebolo de CBN, o gráfico inferior representa o sinal da potência.

O início do gráfico superior, com linhas verticais escuras indica a excentricidade da peça. As faixas horizontais mostram a manutenção dos grãos na mesma posição, uma vez que o padrão de distribuição da energia acústica não varia. Neste caso o rebolo mantém os grãos em sua superfície, mas sofre perdas de capacidade de corte, o que pode causar a queima superficial da peça.

O sinal de potência mostra boa correlação com o mapa, apresentando um crescimento no início que corresponde à região mais clara do mapa.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com o Sistema de Mapeamento da Distribuição de Energia Acústica de Retificação no Rebolo (DEAR) apresentam boa correlação com o fenômeno monitorado e podem ser utilizados para análise do estado atual da superfície do rebolo em processo. Além disso, a imagem digitalizada que vai sendo formada, a partir do nível da energia acústica , durante a retificação pode ser processada para diagnóstico automático em processo, com a utilização de algoritmos matemáticos de identificação de padrões.

REFERÊNCIAS

- DU,R.;ELBESTAWI;WU,S.M.(1995). Automated monitoring of manufacturing processes, part 1: monitoring methods. *Journal of Engineering for Industry*, v117,p121-132.
- DU,R.;ELBESTAWI;WU,S.M.(1995). Automated monitoring of manufacturing processes, part 2: applications. *Journal of Engineering for Industry*, v117,p133-141.
- KLEIN, C. , (1994) Sistema de mapeamento da superfície de rebolos durante o processo de retificação. Tese de doutoramento, USP\EESC\SEM.
- OLIVEIRA, J.F.G., (1992) Controle do estado de afiação de rebolos na retificação de precisão. Tese de livre docência, SEM/EESC/USP.
- ROWE,W.,B.; LI, Y.; MILLS, B.; ALLANSON, D.R., (1996) Application of intelligent CNC in grinding. *Computers in industry*, n.31, p45-60.
- SATA, T., SUTO, T., Waida, T., and Noguchi, H, (1972) In-process measurement of the

grinding process and its application. Proceedings of the international grinding conference, Pittsburgh, p.752.

GRINDING ACOUSTIC ENERGY DISTRIBUTION MAPPING SYSTEM ON WHEEL SURFACE (GAED)

Abstract. *A new wheel mapping system has been developed. It uses acoustic emission as signal to build a 3D graphic, which represents the acoustic energy distribution on wheel surface, named GAED. Although AE is an indirect sensorial mean, AE sensor is very robust,. Therefore, it is suitable to be used in industrial environment. The specific equipment built by Sensis to perform the topographical survey, has a minimum time constant of 10ms; thus, the AE monitor continually generates a signal whose value correspond to RMS level of raw signal, computed over a moving window sized by the time constant. This allows us to reach a resolution of 0,5 mm over a wheel perimeter whose diameter is of 450 mm, rotating at 1800 rpm. The software developed to map wheel surface could be used to do three measurement procedures: dressing evaluation, topographic mapping and wheel performance evaluation on grinding. This paper presents some results about the wheel wear progress analyzed by this new method.*

Keywords : *Acoustic emission, Sensoring, Mapping, wheel wear*