



REDES NEURAIS APLICADAS NA DETECÇÃO DA QUEIMA NO PROCESSO DE RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA EXTERNA

Paulo Roberto de Aguiar

UNESP - Universidade Estadual Paulista – Câmpus de Bauru

Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Elétrica

Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/nº , CEP 17033-360, Bauru – SP, BRASIL

E-mail: aguiarpr@feb.unesp.br

Renato Santos Moretti ^a, Eduardo Carlos Bianchi ^b, Rodrigo Daun Monici ^c

UNESP - Universidade Estadual Paulista – Câmpus de Bauru

Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Mecânica

Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/nº , CEP 17033-360, Bauru – SP, BRASIL

E-mail ^a: rsmoretti@hotmail.com

E-mail ^b: bianchi@feb.unesp.br

E-mail ^c: daun@feb.unesp.br

***Resumo.** A Retificação é um processo de produção envolvendo um alto grau de energia que é utilizada na manufatura de componentes que requerem tolerâncias e grau de rugosidade apurados. Deste modo, altas temperaturas podem trazer uma variedade de problemas relacionados a qualidade do material, dentre eles: queima da superfície, aparecimento de defeitos estruturais e conseqüentemente redução da vida útil. Este trabalho visa estudar a queima no processo de retificação cilíndrica externa através do emprego de redes neurais artificiais, treinada a partir de uma base de dados obtida para o aço 1045 (temperado) e um rebolo de óxido de alumínio como ferramenta de corte, a fim de que através deste sistema inteligente de monitoramento conseguíssemos prever o fenômeno da queima. Para o presente estudo, os parâmetros de entrada da rede neural foram temperatura, potência, emissão acústica, velocidade periférica do rebolo, energia específica de corte, força e diâmetro da peça, e como variável de saída o tempo de queima. Para tanto, uma metodologia de experimentação foi executada. Assim, constatou-se que o sistema de aquisição, juntamente com um método de aprendizagem de uma rede neural artificial através do uso de uma estrutura perceptron, pôde verificar o momento da ocorrência do fenômeno para as condições de usinagem pré-estabelecidas.*

Palavras-chave: Monitoramento, Queima, Retificação, Redes Neurais, Emissão Acústica

1. INTRODUÇÃO

Um dos processos de acabamento mais utilizados na fabricação de componentes mecânicos de precisão é a retificação. Trata-se de um dos processos de menor domínio tecnológico, se comparado aos processos de usinagem convencional (torneamento e fresamento), além de ter a função de solucionar problemas de qualidade.

Hoje em dia, o interesse na utilização de máquinas mais inteligentes em ambientes industriais vem crescendo significativamente nas últimas décadas, tendo em vista um maior nível efetivo de automação e maior confiabilidade no processo. O nível de automação até então obtido pela implementação do Comando Numérico Computadorizado – CNC – não tem sido suficiente para se obter operações de fabricação industrialmente confiáveis, ou seja, não garantem a qualidade final da peça usinada. A partir daí, surge um desejo do homem em criar uma máquina que possa operar independentemente do controle humano, ou seja, uma máquina cuja independência será desenvolvida de acordo com seu próprio aprendizado, e que tenha capacidade de interagir com ambientes incertos a fim de proporcionar ao operador da máquina o instante anterior ao momento em que o fenômeno indesejável irá ocorrer.

Neste sentido, recentemente passou a existir uma intensa atividade de pesquisa sobre sistemas de monitoramento de máquinas ferramentas. Portanto, um dos problemas mais críticos na implantação do processo de retificação inteligente é a detecção automática da queima superficial nas peças. A queima ocorre durante o corte da peça pelo rebolo, quando a quantidade de energia gerada na área de contato produz um aumento de temperatura suficiente para provocar uma mudança localizada de fase no material da peça. Tal ocorrência pode ser, muitas vezes, visualizada pela mudança de coloração da superfície da peça (Aguiar apud Malkin, 1997).

Muitos estudiosos pesquisaram o fenômeno da queima através da variável temperatura na retificação com relação a inclusões térmicas induzidas na peça. De acordo com Malkin (1994), a ocorrência da queima é esperada a partir do momento que a temperatura crítica é ultrapassada na região de usinagem, estimando a incidência da queima acima dos 720°C. Outros pesquisadores têm estudado a queima através dos sinais de potência e emissão acústica (Aguiar, 1997; Aguiar et al, 1999, Bennett, 1994).

Neste trabalho investigou-se a ocorrência da queima no processo de retificação cilíndrica externa utilizando-se um rebolo de óxido de alumínio e aço ABNT 1045 temperado, e através de um banco de ensaios onde se mediu os sinais de emissão acústica, potência de corte, velocidade periférica do rebolo, energia específica de corte e temperatura da peça, obteve-se um banco de dados que foi em seguida utilizado por uma rede neural artificial para prever o momento exato da queima. Com estas características, pretendeu-se então avaliar o comportamento do fenômeno, o qual tomou-se como base o valor térmico crítico para o surgimento da queima.

2. FENÔMENO DA QUEIMA

A queima da peça no processo de retificação é um dos tipos mais comuns de dano térmico. Este fenômeno tem sido investigado recentemente por vários pesquisadores, porém não existe ainda métodos de medida que permitam o monitoramento on-line da queima da peça (Konig, 1993, Aguiar 1997).

O volume por unidade de tempo para o qual a quantidade de material pode ser removida em processos de retificação é limitado por um série de fatores, incluindo a queima da peça e vibrações. Experiências industriais tem mostrado que a limitação mais comum é o dano térmico, o qual resulta na queima na peça.

A evidência experimental da peça durante o ciclo de retificação, quando utilizado água e óleo como fluido lubrificante, foi a observação da mudança abrupta na temperatura da peça e da força de usinagem, levando a queima da peça. Em muitos casos, a queima é muito profunda para ser removida pelas passadas subsequentes do rebolo, ou não é visível, sendo revelada somente com testes metalográficos sofisticados. O aumento rápido na temperatura é característica de um fenômeno conhecido como “*burn-out*”, o qual ocorre em tubos de ebulição. Para uma temperatura crítica, referente a temperatura de “*burn-out*”, existe um colapso no mecanismo de transferência de calor, o qual resulta num rápido crescimento da temperatura. Quando a temperatura atinge valores por volta de 100°C, a água entra em ebulição causando bolhas na superfície da peça. Um aumento além da temperatura de ebulição faz com que todas as bolhas se juntem, formando uma camada de vapor sobre a superfície conhecida como “*film-boiling*”. A transferência de calor através desse filme é muito mais difícil, causando assim um aumento repentino da temperatura.

3. MONITORAMENTO NO PROCESSO DE RETIFICAÇÃO

Inicialmente as principais características do monitoramento do processo de retificação eram descritas apenas como a detecção de distúrbios severos no processo e o rápido desligamento da máquina, reduzindo os danos à um mínimo, protegendo o operador e a máquina. Porém atualmente, os objetivos do monitoramento do processo vão além da proteção operador-máquina onde se procura otimizar o próprio processo (Kluft,1993, Aguiar, 1997). O objetivo do monitoramento atualmente é sobre a máquina (diagnóstico e monitoramento do desempenho), ferramentas (estado do desgaste, lubrificação, alinhamento), a peça (geometria e dimensões, características da superfície e rugosidade, tolerâncias, danos metalúrgicos) ou sobre o próprio processo (formação de cavaco, temperatura, consumo de energia) (Aguiar, 1997).

O processo de retificação é influenciado por distúrbios periódicos e estocásticos cujos efeitos não são sempre compensados por inteiro. O comportamento da vida da ferramenta de corte é sujeita à dispersões imprevisíveis, levando engenheiros a adotar uma técnica conservativa no projeto de ciclos de processo automático para garantir a qualidade final do produto. Entretanto, falhas no ciclo do processo e defeitos nas peças são frequentemente observados (Konig Apud Tonshoff, 1993). Métodos existentes de medidas ainda falham em produzir um resultado confiável e satisfatório do monitoramento do processo. Assim, existe uma necessidade crescente de novos sistemas de monitoramento para assegurar a qualidade final da peça.

Vários efeitos físicos podem ser usados no monitoramento do processo de retificação, como por exemplo, o aumento do desgaste do rebolo causa maiores forças de corte, que podem ser explorados no monitoramento do processo. Tais forças podem ser detectadas diretamente via transdutores piezoelétricos, ou indiretamente através das modificações resultantes dos componentes da máquina retificadora ou pelo nível da corrente elétrica do motor de acionamento do rebolo. O desgaste da ferramenta também leva à excitações dinâmicas mais intensas do sistema máquina- ferramenta-peça, onde vibrações são outra fonte de informações para a avaliação do processo. Em uma faixa de baixa frequência, oscilações podem ser extraídas do sinal de força. Durante o processo de retificação ou dressagem, um sinal de emissão acústica (EA) é gerado, o qual é um sinal oscilante em alta frequência. Ao contrário da força, o sinal de EA não é sujeito à variações de temperatura, mas é altamente sensível em operações de baixa remoção de material.

Observa-se que com a introdução do CNC, a relação homem-controle passou a ser mais intensa. Entretanto com a crescente necessidade e automação total do processo, e com o surgimento dos sistemas de monitoramento nos anos 90, a tendência é de que haja uma relação forte somente entre controle e máquina (Juarez apud Oliveira, 1995). A tendência futura é, portanto, ter-se um controle equipado com sistemas de monitoramento que possibilitem que o ser humano seja um mero observador do processo.

4. PARTE EXPERIMENTAL

A realização deste trabalho deu-se através do desenvolvimento de uma metodologia de experimentação, sendo esta fundamentada na construção de um banco de ensaios que permitiu, através da determinação, medição e controle de parâmetros de entrada e variáveis de saída, o estudo do fenômeno da queima no processo de retificação cilíndrica, através da realização de ensaios laboratoriais.

A confecção e montagem do banco de ensaios teve como finalidade principal permitir que, a partir de condições de usinagem pré-estabelecidas para os ensaios, pudessem ser medidos, em tempo real, as seguintes variáveis de saída: velocidade de corte da ferramenta, variação do diâmetro da peça, emissão acústica, avanço, temperatura, potência e energia específica de corte as quais conjuntamente serão manipuladas para aquisição de resultados.

A parte mecânica do banco de ensaios constitui-se em uma máquina retificadora cilíndrica CNC, modelo RUAP 515 H-CNC, da marca Sulmecânica, possibilitando a medição das variáveis em questão em tempo real (viabilizada pela placa de aquisição de dados A/D). A medição da potência de corte foi realizada através de sensores de corrente e tensão elétrica. Para a medição da velocidade da peça, utilizou um tacogerador. Para a medição dos sinais de emissão acústica em tempo real, foi utilizado um aparelho da marca Sensis, modelo BM12. Um pirômetro foi utilizado para medir a temperatura da peça durante a usinagem. A figura 1 mostra a configuração do banco de ensaio.

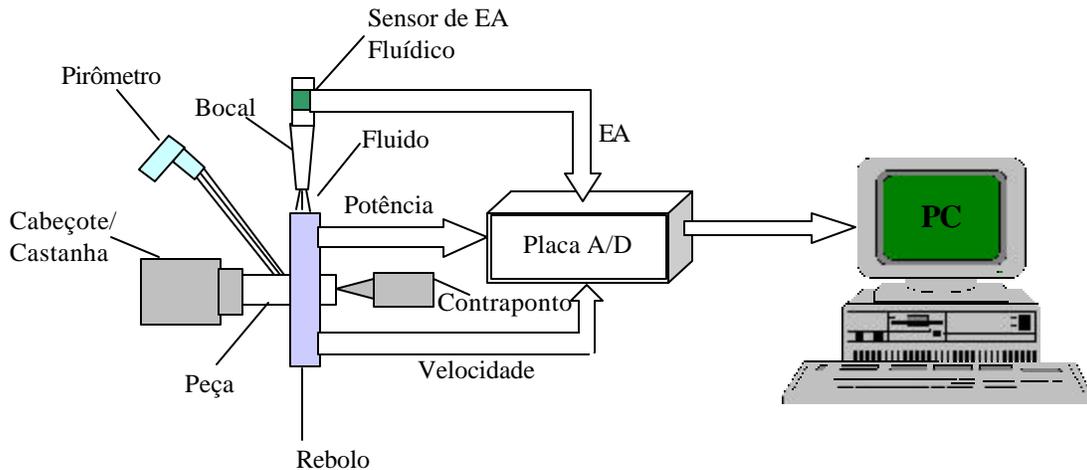


Figura 1. Desenho esquemático do banco de ensaios

5. REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA A ESTIMAÇÃO DO TEMPO DE QUEIMA NO PROCESSO DE RETIFICAÇÃO

Neste trabalho uma rede neural artificial do tipo perceptron para a estimação da queima no processo de retificação foi empregada para a estimação do tempo de queima. Isso foi possível através do monitoramento das grandezas medidas do processo e mencionadas anteriormente, possibilitando a correção de defeitos antes que a queima ocorra. A figura 2 mostra a configuração de rede utilizada.

Como a quantidade de dados experimentais constituintes do conjunto de treinamento foi em número razoável, o treinamento da rede deu-se com auxílio do algoritmo de treinamento Levenberg-Maquardt (Hagan, 1994) com a finalidade de otimização desta etapa. Devido ao grande número de vetores para o treinamento, é conveniente a utilização do procedimento da validação cruzada e desta

forma a melhor topologia de rede possa ser escolhida. A Validação Cruzada é uma metodologia utilizada para selecionar uma arquitetura de perceptrons multicamadas entre vários modelos candidatos (Haykin, 1984). Nesta metodologia, deve-se seguir os seguintes passos:

1. Particionar o conjunto de dados disponíveis em dois subconjuntos. Um destinado ao treinamento e estimação do modelo, outro, chamado de conjunto de teste, usado para a avaliação do modelo.
2. Utilizar o mesmo conjunto de treinamento para treinar todos os modelos candidatos.
3. Após o treinamento, utilizar o conjunto de teste para avaliar e escolher o melhor modelo.
4. Treinar o melhor modelo com todo o conjunto de dados, ou seja, com o conjunto de treinamento e o conjunto de teste.

É necessário ainda que os dados de treinamento sejam normalizados dentro de uma mesma faixa de valores. As normalizações mais empregadas normalizam os dados dentro da faixa de -1 e 1, ou ainda, dentro da faixa de zero e 1. A normalização dos dados de treinamento, bem como os dados de teste e validação impedem que devido à magnitude de um destes valores um ou mais neurônios da rede saturem. Além disso pode garantir um treinamento mais eficiente já que proporciona matrizes com valores escalados de forma adequada a serem menos propícias a esparcidade (Haykin, 1984).

Esta modelagem neural para a estimação da queima no processo de retificação é proposta com a finalidade de reduzir os custos operacionais envolvidos, que objetiva a estimação do tempo de queima através do monitoramento de grandezas relacionadas ao processo o que possibilitará a correção de defeitos antes que a queima ocorra.

A partir dos dados coletados experimentalmente e armazenados em arquivos de dados, é criado uma matriz sendo cada uma das colunas representa uma específica variável coletada em laboratório sendo a última coluna o variável tempo de queima.

Para isso utilizou-se o algoritmo Levenberg Marquardt, pois esse tem como característica principal a informação de apenas uma variável de saída que neste trabalho é o tempo de queima.

O algoritmo de Levenberg – Marquardt é uma técnica baseada no método dos mínimos quadrados para modelos não lineares que pode ser incorporada ao algoritmo de backpropagation a fim de aumentar a eficiência do processo de treinamento. Neste algoritmo, as função do erro quadrático e erro quadrático médio são utilizadas. Enquanto que o algoritmo backpropagation é um método de descida no gradiente da função erro quadrático, o algoritmo de Levenberg – Marquardt é uma aproximação do método de Newton para sistemas não- lineares.

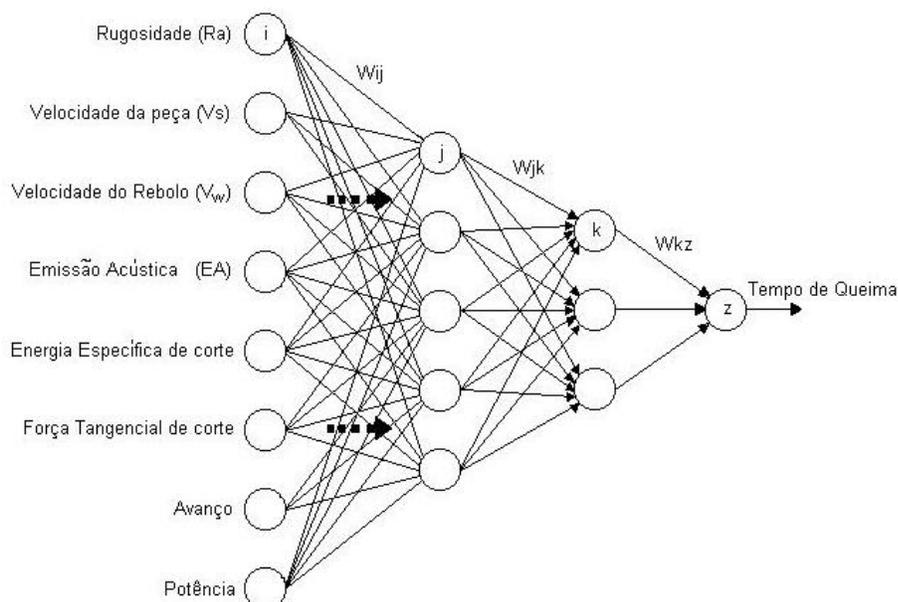


Figura 2 – Configuração da Rede Neural Artificial Utilizada

6. RESULTADOS

O principal objetivo dos procedimentos experimentais deste trabalho é avaliar o sucesso da rede neural artificial (RNA) na predição do fenômeno da queima perante ao processo de retificação. Não se pretende avaliar as relações entre as variáveis, mas sim, buscar uma forma de se monitorar a ocorrência da queima superficial e até mesmo prever, o que pode ocorrer em condições ainda não utilizadas através da utilização do algoritmo Levenberg Maquardt utilizado na RNA deste trabalho. Contudo, o trabalho assume a importância de se obter um método de baixo custo e repetitivo de se monitorar este processo de fabricação.

No presente trabalho foram utilizados 8 valores de h_{eq} , um tipo de rebolo convencional, um tipo de material e uma condição de dressagem. O rebolo utilizado é o 38A 46 KVS, da empresa Norton. Quanto ao material da peça, utilizou-se um aço 1045, temperado e revenido com aproximadamente 50HR_c. Inicialmente os ensaios foram realizados com fluido de corte tipo emulsão, no entanto isto prejudicou a ocorrência da queima devido ao aumento da dissipação de calor da superfície.

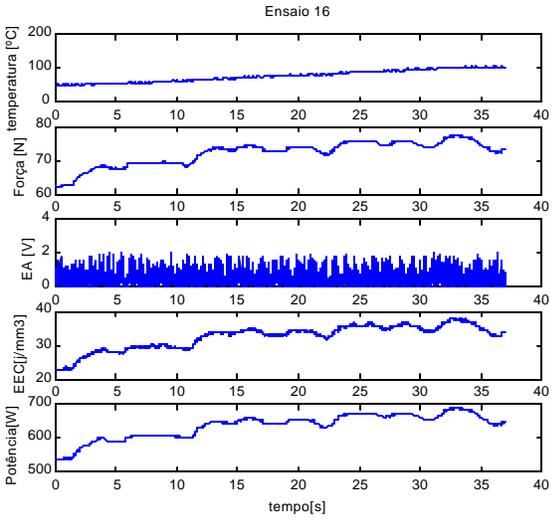
Ensaio posteriores foram realizados sem qualquer fluido de corte, mas mesmo assim não foi possível a visualização da queima na região superficial da peça. Este fato pode ser explicado pelas grandes dimensões da peça e/ou pela pequena área de contato entre rebolo e peça, onde foi inicialmente utilizado apenas 10mm da largura do rebolo para o corte. Esses ensaios prejudicaram o sinal de EA pois o sensor de emissão acústico fluídico não pode ser utilizado sem vazão de fluido. Sendo assim, abriu-se mão deste e optou-se pelo sensor convencional de EA que foi fixado próximo ao cabeçote de fixação da peça.

Na tabela 1 são apresentadas as 8 condições utilizadas para a ocorrência da queima nos ensaios definitivos:

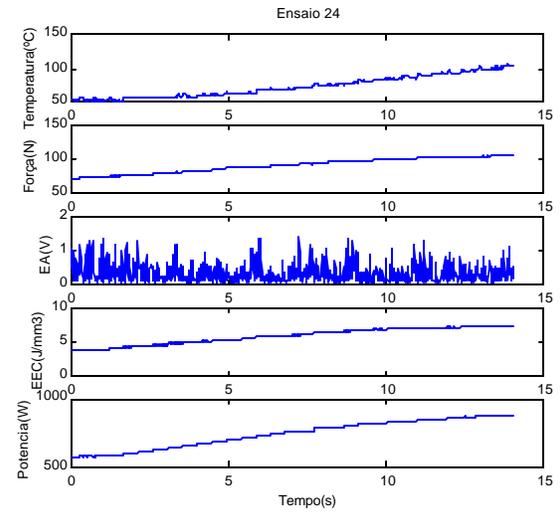
Tabela 1. Condições utilizadas nos Ensaio definitivos

Ensaio n°	h_{eq} (um)	V_w (m/s)	V_s (m/s)	Avanço (a)	
				(mm/min)	(mm/s)
16	0,139	1,297	28,27	0,25	0,00417
17	0,278	1,297	28,27	0,5	0,00833
19	0,067	1,297	28,27	0,12	0,002
20	0,417	1,297	28,27	0,75	0,0125
21	0,557	1,297	28,27	1	0,0167
22	0,693	1,297	28,27	1,25	0,0208
23	0,833	1,297	28,27	1,50	0,025
24	1,11	1,297	28,27	2,0	0,0333

Os gráficos (a) e (b) da Figura 3 mostram os sinais de temperatura, força de corte, emissão acústica, energia específica e potência elétrica para os ensaios 16 e 24 respectivamente. Como pode ser observado, conforme a usinagem ocorre, a temperatura aumenta até um ponto crítico de queima, e assim acontece com a força de corte, a energia específica e a potência elétrica. Vários ensaios foram realizados previamente e observou-se que à temperatura de aproximadamente 100 °C na superfície da peça, a mesma começava a queimar. Este valor foi utilizado como referência para todos os testes. Os sinais de emissão acústica não apresentaram um comportamento como o esperado, o que pode ser explicado ou pelo posicionamento não ideal para o sensor ou mesmo da necessidade, para este tipo de retificação, de um sensor de acoplamento fluídico de emissão acústica.



(a)



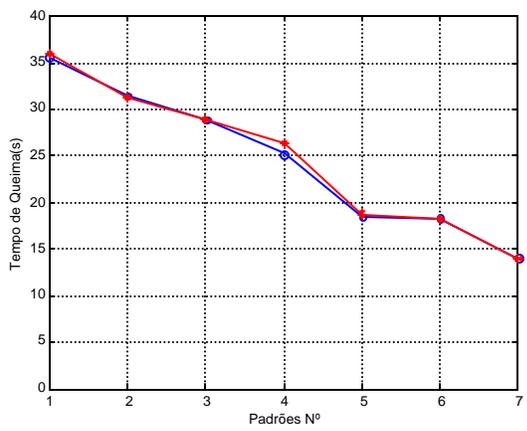
(b)

Figura 3. Variáveis coletadas nos ensaios: (a) 16; (b) 24

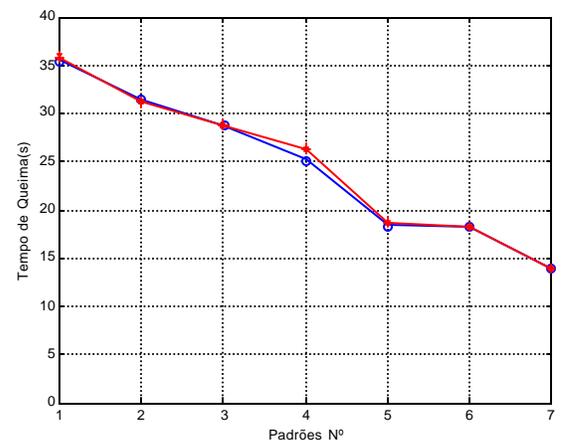
7. GRÁFICOS RESULTANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DA REDE NEURAL ARTIFICIAL

A Figura 4a mostra uma estrutura neural 20-10-1, com treinamento Levenberg-Macquardt, a qual necessitou-se apenas de 3 iterações para um treinamento aceitável da rede, visto pelas similaridades das linhas do gráfico (marcador círculo – resultados laboratoriais, marcador x- redes neurais). O eixo das abscissas correspondem aos padrões utilizados conforme mostra a Tabela 2.

A Figura 4b mostra uma estrutura neural 10-5-1, com treinamento Levenberg-Macquardt, a qual necessitou-se apenas de 12 iterações para um treinamento aceitável da rede, visto pelas similaridades das linhas do gráfico (marcador círculo – resultados laboratoriais, marcador x- redes neurais)



(a)



(b)

Figura 4 – (a) – Estrutura 20-10-1; (b) – Estrutura Neural 10-5-1

Tabela 2. Transformações dos dados laboratoriais em padrões normalizados

Padrão	1	2	3	4	5	6	7
Ensaio	16	17	20	21	22	23	24

A Figura 5 mostra uma estrutura neural 3-1, com treinamento Levenberg-Macquardt, a qual necessitou-se apenas de 9 iterações para um treinamento aceitável da rede, visto pelas similaridades das linhas do gráfico (marcador círculo – resultados laboratoriais, marcador x- redes neurais)

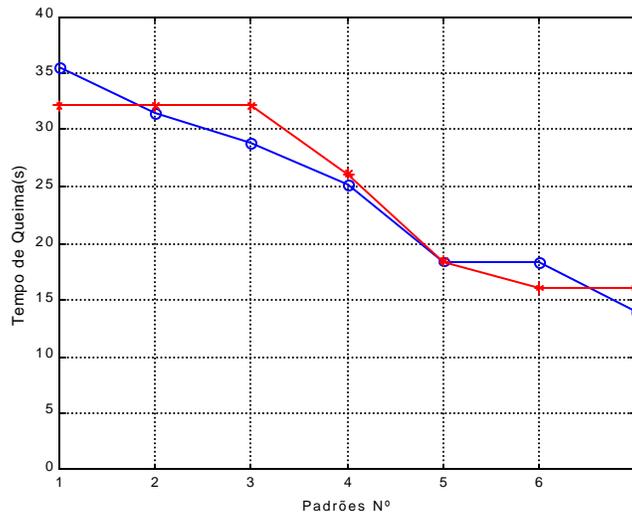


Figura 5 – Estrutura Neural 3-1

8. CONCLUSÕES

A qualidade da superfície e o comportamento dos componentes mecânicos são seriamente afetados pela ocorrência da queima na retificação. Entretanto, técnicas de predição da queima são de extrema importância para os dias atuais.

Dos estudos prévios, foi possível verificar que o processo de retificação ainda está muito sujeito a problemas decorrentes de seu comportamento fenomenológico, fazendo-se necessária ainda a presença e a atuação de um operador experiente em sistemas automatizados, inclusive CNC. Ainda se observou através de estudos realizados nesse trabalho que existem soluções para muitos problemas existentes do processo de retificação, porém não existem metodologias nem procedimentos para implementação com sucesso.

A medição da temperatura sobre a superfície da peça a uma distância mínima da região de corte pode ser considerada como um excelente representante da zona de temperatura e, portanto, usado como um bom parâmetro para o processo de monitoramento, porém nem sempre se torna possível fazê-la.

Para o trabalho atual, com um rebolo de Óxido de Alumínio, inicialmente dressado, a temperatura encontrada para a ocorrência da queima foi de 100°C. O tempo de queima, o qual é o tempo total desde o começo da retificação até o estabelecimento visual da queima é útil para a vida do rebolo.

Em relação as estruturas neurais, pode-se concluir que quanto maior o número de neurônios nas camadas ocultas, melhor será a generalização feita pela rede ao processo. Isto pode ser constatado através da Estrutura 20-10-1 com a 4-3-1, onde o número de iterações para a primeira foi muito menor em relação a segunda, e o erro entre as curvas foi maior na segunda.

Conclui-se, também, que o desempenho da rede neural independe do número de variáveis na entrada da rede, fato esse comprovado pela alteração ocorrida neste trabalho para uma diminuição das

variáveis de entrada para a ocorrência da generalização da rede (inicialmente haviam 8 variáveis, porém trabalhou-se com 5).

Para trabalhos futuros sugere-se uma utilização de diferentes tipos de treinamentos na rede neural, diferentes tipos de redes neurais, e a utilização de um sensor fluídico EA mais eficiente ou melhor adaptado ao processo, visto que a maioria dos processos de retificação utilizam fluído de corte.

12. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio concedido na forma de bolsa, cujo investimento contínuo em pesquisa contribui decisivamente para a expansão e o fortalecimento da pesquisa científica e tecnológica no país.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, P. R., Willett, P., Webster, J. “*Acoustic Emission Applied to Detect Workpiece Burn During Grinding*”, International Symposium on Acoustic Emission: Standards and Technology Update, S. Vahaviolos, Ed., Fort Lauderdale, FL, January 1999.
- Aguiar, P. R. “*Monitoramento da Queima Superficial em processo de Usinagem por Retificação usando a Potência Elétrica do motor de Acionamento e Emissão Acústica*”, Tese de doutorado, Poli-USP, São Paulo, 1997.
- Bennett, R. T. “*Acoustic Emission in Grinding*”, Master of Science Thesis, University of Connecticut, 1994.
- Carbonell, J. G. “*Paradigms for machine learning*”. Artificial Intellingence (Special Issue on Machine Learning), vol. 40,1989.
- Haykin, S. “*Neural Networks – A Comprehensive Foundation*,” McMillan Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1994.
- Hagan, M. T. and Menhaj, M. “*Training feedforward networks with the Marquardt algorithm*”. IEEE Trans. on Neural Networks, vol. 5, pp. 989-993, 1994.
- Konig, W. “*Monitoring and Sensor Concepts for Higher Process Reliability*”, In: 5th International Grinding, October 1993, Cincinnati, Ohio.
- Kluft, W. “*Monitoring the Grinding and Dressing Operations Increases Output and Quality and Reduces costs and waste*”, In: 5th International Grinding, October 1993, Cincinnati, Ohio.
- Konig, W. “*Monitoring and Sensor Concepts for Higher Process Reliability*”, In: 5th International Grinding, October 1993, Cincinnati, Ohio.
- Kovács, Z. L. “*Redes Neurais Artificiais: Fundamentos e Aplicações*”, Texto Básico Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2a. Edição, São Paulo, 1996.
- Oliveira, J. F. G. et al. “*Monitoramento do Processo de Retificação CNC por Emissão Acústica*”, In: Congresso Anual da Sobracon, 2, 1995, São Paulo.
- Malkin, C. G. “*Analytical and Experimental Investigation of Burnout in Creep-Feed Grinding*”, Annals of the CIRP, Vol. 43/1/1994, pp. 283-286.
- Rodrigues, J. F., Silva, I. N. & Flauzino, R. A. “*Uma Aplicação de Redes Neurais em Projetos de Aterramento Elétrico*”, 4^o Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, São Paulo, Setembro de 1999.
- Zadeh, L. “*Fuzzy Logic, neural networks and soft computing*”. Proc. of the 2nd Int. Conf. On Fuzzi Logic and Neural Networks, pp. 13-14, Iizuka, Japan, 1992.
- Wang, Z., Willet, P., Aguiar, P.R., Webster, J., “*Neural Network detection burn from acoustic emission*”. International Journal of Machine Tools & Manufacture 41 (2001), pp. 283-309.
- Webster, J., Marinescu, I & Bennett, R. “*Acoustic Emission for Process Control and Monitoring of Surface Integrity during Grinding*”. Annals of the CIRP, Vol. 43/1/1994, pp. 299-304.

MONITORING OF BURN IN CYLINDRICAL GRINDING OF STEEL USING NEURAL NETWORK

Paulo Roberto de Aguiar

UNESP - São Paulo State University – Campus of Bauru

Faculty of Engineering

Department of Electrical Engineering

Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, w/nº , CEP 17033-360, Bauru – SP, BRASIL

E-mail: aguiarpr@feb.unesp.br

Renato Santos Moretti ^a, Eduardo Carlos Bianchi ^b, Rodrigo Daun Monici ^c

UNESP - São Paulo State University – Campus of Bauru

Faculty of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, w/nº , CEP 17033-360, Bauru – SP, BRASIL

E-mail ^a: rsmoretti@hotmail.com

E-mail ^b: bianchi@feb.unesp.br

E-mail ^c: daun@feb.unesp.br

Abstract. Grinding is a high specific energy machining process that is used widely in the manufacture of components requiring fine tolerances and smooth finishes. Virtually all energy spent in grinding is converted into heat and it is concentrated within the grinding zone. This high temperature can cause many problems related to residual tensile stress, surface burn, and consequently reducing wear life. Surface quality is necessary but it imposes a limitation on the allowable process parameters causing less efficiency in grinding. Nowadays many companies present a high percentage of waste workpiece related to the burn threshold. As a result, they need a balance between quality and efficiency in grinding, so it is desirable to have a technique for predicting the time of the burning phenomenon. This paper studies the burning phenomenon in cylindrical grinding using artificial neural network that will be trained from data collected in the tests. Workpieces of 1045 steel and aluminum grinding wheel were used in the experiments. For the present study, the input parameters to the neural network were: electrical power, acoustic emission, workpiece speed, wheel speed, chip thickness and workpiece diameter, and as an output variable time to burn. Many experiments have been done and a conclusion drawn from this work is that the system used to get data besides the neural network implemented can show the real time of the phenomenon for different grinding parameters. At this moment, a range of new structures is being tested to see which of those can better be fit.

Keywords. *Monitoring, Detection of grinding burn, Neural network, Grinding, Acoustic emission*