

UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS COMPUTACIONAIS PARA AUTOMAÇÃO DA INPEÇÃO ULTRA-SÔNICA PELA TÉCNICA TOFD

J. L. B. C. Veiga⁽¹⁾, A. A. Carvalho⁽²⁾, E. P. Moura⁽²⁾, I. C. Silva⁽²⁾, J. M. A. Rebello⁽²⁾

(1) Departamento de Engenharia Mecânica; (2) Departamento de Engenharia Metalúrgica
LABOEND/COPPE/UFRJ

Centro de Tecnologia, Bloco I, Sala 243, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21945-000
Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Fone/Fax: (021) 2260.3549, e-mail: alves@metalmat.ufrj.br

Palavras chave: END, Ultra-som, TOFD, Redes Neurais.

RESUMO

Os ensaios não destrutivos vêm sendo empregados cada vez mais como método de inspeção para garantir a qualidade e a confiabilidade de produtos e equipamentos. Entre as técnicas de ensaios não destrutivos, o ultra-som é uma das mais difundidas na indústria para a detecção e dimensionamento de descontinuidades em materiais, avaliação de suas propriedades, medição de espessura, etc. Dificuldades encontradas nas inspeções de materiais metálicos por outros métodos, tal como radiografia, na detecção de trincas paralelas ao feixe do raio-x, estão sendo superadas com a utilização da técnica TOFD que incide no interior do material um feixe de ultra-som inclinado em relação a superfície de inspeção. Dentre as técnicas ultra-sônicas o TOFD (do inglês *time of flight diffraction*), descrita primeiramente por Maurice G. Silk em 1975, é uma técnica que utiliza o tempo de percurso dos sinais ultra-sônicos que são difratados pelas pontas superiores e inferiores dos defeitos como referência para o seu dimensionamento (Figura 1). Até então, a detecção e dimensionamento de descontinuidades por técnicas ultra-sônicas utilizavam somente a amplitude do eco obtido e a relacionava diretamente com a dimensão da descontinuidade.

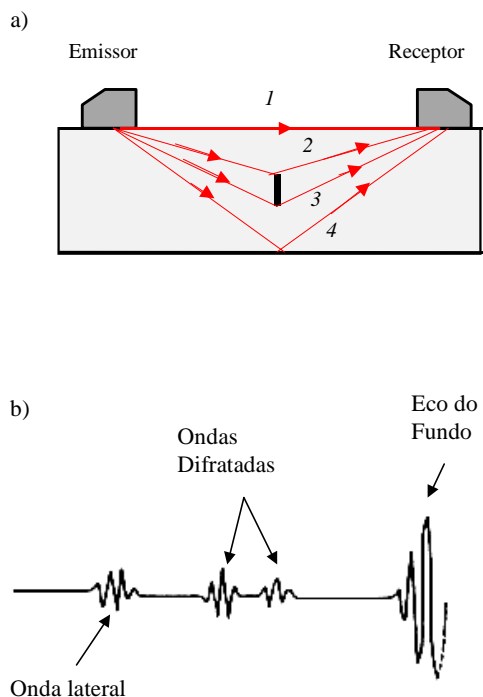


Figura 1. a) Arranjo típico para técnica TOFD. b) modelo típico de pulso gerado pela técnica TOFD a partir de uma descontinuidade.

Apesar de atingir grandes velocidades de inspeção, alta probabilidade de detecção e baixa taxa de falsos resultados, a classificação de defeitos através dos sinais ultra-sônicos gerados pela técnica TOFD ainda é muito questionada, pois depende principalmente do conhecimento e experiência do operador. A utilização de ferramentas computacionais de reconhecimento de padrões como redes neurais abriu um novo horizonte à classificação de defeitos detectados por esta técnica.

As redes neurais consistem de algoritmos que tentam modelar algumas funções do cérebro tais como reconhecimento de padrões, criação de associações e aprendizado com experiência ou treinamento. Muitas destas tarefas, que na maioria das vezes passam despercebidas, são realizadas rotineiramente pelo ser humano. Quando o homem no trânsito olha para o semáforo, distingue com facilidade a informação nele contida e em seguida inicia o procedimento devido. Esta pequena tarefa, como outras mais, parece trivial para os seres humanos, mais são extremamente complexas suas implementações computacionais. Isto pode estar relacionado ao fato de se considerar o cérebro como um computador altamente paralelo com bilhões de unidades processadoras (neurônios), que embora realizem operações simples isoladamente, têm maior poder quando trabalham simultaneamente. Embora sejam muito menos complexas que o cérebro humano, as redes neurais têm a capacidade de processar grandes quantidades de dados em curto espaço de tempo que normalmente só poderiam ser analisadas por um especialista. O treinamento ou aprendizado da rede a partir de exemplos, tal qual o cérebro humano, é uma de suas mais importantes características.

Neste trabalho, utiliza-se redes neurais artificiais (RNA) para classificar defeitos em juntas soldadas que foram detectados pela técnica TOFD. Os defeitos foram classificados em três classes: falta de fusão (FF), falta de penetração (FP) e porosidade (PO). Definiu-se também uma classe de sinais de regiões sem defeito (SD) para analisar a capacidade da rede em classificar sinais de regiões sem defeito de regiões com defeito. Os sinais foram adquiridos de corpos de prova de juntas soldadas em chapas de aço carbono de 300mm de comprimento e 20mm de espessura (Figura 2). Os defeitos contidos nestes corpos de prova foram gerados intencionalmente.



Figura 2: Foto do sistema de aquisição de sinais.

Foram utilizados 12 corpos de prova, dos quais foram adquiridos 240 sinais, sendo 60 sinais de cada classe, 40 destes para treinamento da rede neural e 20 para testar a capacidade de classificação dos defeitos. Uma rede neural, implementada através do software Matlab, foi utilizada para treinar a rede e testar a capacidade de generalização. Os resultados obtidos são apresentados nas tabelas 1 e 2 a seguir.

Tabela 1: Tabela de confusão para dados de treinamento (valores em percentual)

Resultado do treinamento da rede					
	FF	FP	PO	SD	Acerto
FF	85	2.5	2.5	10	85
FP	0	95	2.5	2.5	95
PO	0	0	100	0	100
SD	5	0	0	95	95
Total de acerto					93,75

Tabela 2: Tabela de confusão para dados de teste (valores em percentual)

Resultado do teste da rede					
	FF	FP	PO	SD	Acerto
FF	70	10	10	10	70
FP	20	75	5	0	75
PO	10	15	70	5	70
SD	5	5	10	80	80
Total de acerto					73,75

Pode ser observado pelas tabelas 1 e 2, que o resultado geral para os dados de treinamento (93,75%) é superior ao resultado geral para os dados de teste (73,75%), o que justifica-se na teoria de que é mais fácil classificar um dado/sinal que já foi conhecido pela rede no processo de treinamento. É importante ressaltar, que os dados de teste são utilizados para avaliar a capacidade de generalização da rede.

Na tabela 2 observa-se que embora tenha ocorrido uma “confusão” maior entre as classes de defeitos, falta de penetração com falta de fusão e porosidade com falta de penetração, de uma maneira geral, o desempenho do classificador implementado por redes neurais é bastante promissor quando comparado aos índices de acertos na classificação obtida no método convencional, que dependem da experiência do inspetor. Portanto, os resultados incentivam a continuação dos trabalhos nesta área de pesquisa.

Agradecimentos:

- Ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CARVALHO, A. A., *Detecção de Descontinuidades pela Técnica Ultra-Sônica Pulso-Eco Utilizando Um Sistema Multicanal*. Tese de M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.
- SILK, M. G., “Changes in Ultrasonic Defect Location and Sizing”. *NDT International*, Vol 20, Nº 1, pp 9-14, Feb. 1987.
- SILVA, G. S., *Técnica Ultra-Sônica do Tempo de Percurso da Onda Difratada na Detecção e Dimencionamento de Descontinuidades em Cordões de Solda de Aço*. Tese de M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.
- SILVA, R. R., *et al.*, “Radiographics Pattern Recognition of Welding Defect Using Linear Classifiers”, *The British Institute of Non-Destructive Testing*, Vol 43, Nº 10, 2001.
- SIQUEIRA, M. H. S., *Inspeção em Grandes Distâncias Utilizando Ondas Ultra-Sônicas Guiadas e Inteligência Artificial*. Tese de D. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.