



CIBEM10

**X Congresso Ibero-Americano
em Engenharia Mecânica**

4 a 7 de Setembro de 2011

Porto - Portugal

CIBIM10

**X Congreso Iberoamericano
de Ingeniería Mecánica**

4 a 7 de Septiembre de 2011

Oporto - Portugal

Editores

Renato Natal Jorge

José Luis Alexandre

João Manuel R. S. Tavares

António Ferreira

Mário Vaz

Resumos

Actas do
X Congresso Ibero-americano em
Engenharia Mecânica - CIBEM10

Porto, Portugal
4-7 de Setembro de 2011

ÍNDICE

Prefácio	XIII
A. Ciências Aplicadas	
1. Métodos numéricos - Mecânica Computacional e Simulação	1
2. Mecânica geral - Mecânica Experimental	45
3. Vibrações mecânicas e acústica	63
5. Mecânica de fluidos	81
6. Termotecnia - termodinâmica	121
7. Energia - Energia Eólica - Energia Solar	151
8. Sistemas de Representação - CAD - Interfaces e Visualização - Processamento e Análise de Imagem	197
9. Estruturas	203
10. Mecatrônica - Electromecânica - Robótica	209
11. Instrumentação	221
12. Materiais e Metalurgia	225
13. Tribologia	289
14. Biomecânica - Mecanobiologia - Bioengenharia	303
B. Desenho e Concepção de Máquinas e Componentes	
15. Sínteses e análises de mecanismos - Desenvolvimento do Produto	345
16. Veículos automóvel	357
17. Maquinário de transporte	387
18. Máquinas ferramenta	393
19. Desenho de elementos de máquina	401
20. Outras máquinas	413
C. Fabricação de Componentes e Máquinas	
21. Processos de fabricação	421
22. Planejamento e controle da fabricação	467
23. Produção industrial - Gestão de Produção	471

24. <i>Fabricação automatizada (CAM)</i>	479
25. <i>Controle de Qualidade</i>	483
26. <i>Ensaio e verificações</i>	491
27. <i>Metrologia</i>	507
D. Exploração de Máquina	
28. <i>Manutenção</i>	519
29. <i>Aspectos ambientais</i>	527
30. <i>Reacondicionamento</i>	535
E. Métodos e Técnicas para a Formação em Engenharia	
31. <i>Formação</i>	539

Ficha Técnica

Titulo: **Actas do X Congresso Ibero-americano em Engenharia Mecânica - CIBEM10**

Editado por: R.M. Natal Jorge; João Manuel R.S. Tavares; José Luis Alexandre; António JM Ferreira; Mário Vaz
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal

Data: Agosto 2011

Execução gráfica: Tipografia Nunes Lda - Maia

Depósito Legal: 332096/11

ISBN: 978-989-96276-2-8

Agradecimentos

Os organizadores do CIBEM 10 agradecem às seguintes Instituições o apoio recebido:

- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)
- Universidade do Porto (UP)
- Instituto de Engenharia Mecânica – Pólo FEUP (IDMEC-Polo FEUP)
- Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI)
- Federação Ibero-americana de Engenharia Mecânica (FeIbEM)

PREFÁCIO

A presente publicação contém os resumos dos artigos seleccionados para apresentação pelo Comité Científico do X Congresso Ibero-americano em Engenharia Mecânica (CIBEM 10), que teve lugar na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, Portugal, entre os dias 4 e 7 de Setembro de 2011.

O CIBEM 10 foi uma organização conjunta entre a FEUP, o Instituto de Engenharia Mecânica, o Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial e a Federação Ibero-americana de Engenharia Mecânica. O evento contou com mais de 700 resumos submetidos, dos quais, cerca de 500 foram seleccionados para submissão de artigo completo e apresentação de comunicação, 350 segundo apresentação oral e 150 segundo apresentação na forma de poster.

Por áreas científicas, verificou-se a apresentação de 41 comunicações na área dos métodos numéricos e mecânica computacional, 27 na mecânica geral e experimental, 26 na área das vibrações, 52 na área da mecânica de fluidos e 34 em termotecnica e termodinâmica, 65 na área da energia, 7 comunicações relativas à modelação CAD, visualização processamento e análise de imagem, 6 na área das estruturas, 22 na mecatrónica, 4 na área da instrumentação, 77 relativos à área dos materiais, 17 na tribologia, 48 na biomecânica, 8 na área do desenvolvimento de produto, 33 na área automóvel, 3 em sistema mecânicos de transporte, 18 em máquina ferramentas e desenho de máquinas, 72 na área do fabrico e produção, 24 em ensaios e verificações, 13 em metrologia, 10 em aspectos relacionados com o ambiente e 27 em ensino e formação. As contribuições foram provenientes de autores de 17 países: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Cuba, Equador, Espanha, França, Guatemala, Itália, México, Nicarágua, Noruega, Perú, Portugal, Estados Unidos da América e Venezuela.

A Comissão Organizadora agradece à Federação Ibero-americana a oportunidade para organizar o CIBEM 10, a todos os palestrantes convidados e a moderadores de sessões, bem como a todos os membros do Comité Científico. Por fim, um especial agradecimento a todos os autores por partilharem os seus desenvolvimentos e experiências e aos participantes que fizeram do CIBEM 10 um fórum privilegiado em temas centrados na Engenharia Mecânica.

Porto, 5 de Setembro de 2011

A Comissão Organizadora

ISBN: 978-989-96716-2-8

U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CIBEM10

X Congresso Ibero-Americano
em Engenharia Mecânica
4 a 7 de Setembro de 2011
Porto - Portugal

CIBIM10

X Congreso Iberoamericano
de Ingeniería Mecánica
4 a 7 de Septiembre de 2011
Oporto - Portugal

MEDIÇÃO DO CAMPO DE DEFORMAÇÕES POR SHEAROGRAFIA SPECKLE

H. Lopes^{1*}, J. Ribeiro^{1†}, J. Monteiro², D. Gonçalves², M.A.P. Vaz³

1-Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, Bragança, Portugal, email: {^{*}hlopes, [†]jribeiro}@ipb.pt

2-Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, Rua Dr. Roberto Frias, Porto, Portugal, email:

dgoncalves@inegi.up.pt

3-Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, Porto, Portugal, email: gmavaz@fe.up.pt

Resumo

Palavras chave: campo de deformação, shearografia digital, interferometria speckle

A medida directa dos campos de deformações em estruturas é um problema clássico da mecânica experimental. Estes estão directamente relacionados com a distribuição de tensões e com os esforços em vigas e placas finas em flexão. Ao nível do dano, a análise do campo de deformações permite identificar regiões de concentração de tensões e, assim, é possível prevenir a falha de componentes mecânicos. A Shearografia Speckle é uma técnica interferométrica de medição de campo, sem contacto e com elevada resolução e que permite medir o gradiente dos deslocamentos numa direcção pré-determinada, motivo pelo qual, é praticamente insensível aos movimentos de corpo rígido [1-3]. O campo de deformações pode ser interpretado como uma boa aproximação à primeira derivada do campo de deslocamento no plano, para pequenas amplitudes. Contudo, este só é possível de ser medido com a técnica de Shearografia Speckle utilizando dupla iluminação [1,2]. Neste caso, a superfície é alternativamente iluminada por dois feixes colimados que formam igual ângulo α com o eixo de medição. O mapa de fase produzido durante o carregamento é medido para cada iluminação, sendo utilizada a técnica de modelação temporal de fase com salto fixo de fase. As duas medições apresentam uma configuração do mapa de fase distinto devido à variação do vector sensibilidade, definido pelo ângulo de iluminação. Assim, a iluminação direita e esquerda da superfície conduzem a uma diferente distribuição do mapa de fase. O campo de deformações no plano é obtido por subtracção dos dois mapas de fase medidos [1].

Uma das limitações da técnica de shearografia speckle é a presença de níveis elevada de ruído de Speckle nas medições. Este resulta da descorrelação do Speckle que ocorre para grandes movimentos de corpo rígido e para ângulos de iluminação elevados α . No sentido de minimizar estes efeitos, foi desenvolvido um modelo matemático que reproduzisse o processo de medição, sendo analisado os parâmetros que influenciam a qualidade dos resultados, tais como: o ângulo de iluminação, o passo da derivada e a amplitude de deformação e o ruído de Speckle. A partir dos dados recolhidos foi desenvolvido e construído um sistema de Shearografia Speckle baseado no interferómetro de *Michelson* e que utiliza a técnica de modulação temporal de fase, produzido pela translação de um dos espelhos por actuação de um piezoeléctrico. Este sistema foi utilizado na medição das deformações no plano de um provete submetido à tracção. A sensibilidade da técnica e a qualidade das medições são discutidas tendo como referência simulações por elementos finitos.

Referências

- [1] Y. Y. Hung, J. Q. Wang, "Dual-beam Phase Shift Shearography for Measurement of In-plane Strains", *Opt. Lasers Eng.* **24**: 403-413, 1996
- [2] Steinchen W., Kupfer G., Mackel P., Vossing F., " Determination of strain distribution by means of digital shearography ", *Measurement*, **26**: 79-90, 1999.
- [3] Kreis, T., "Handbook of Holographic Interferometry: Optical and Digital Methods", Weinheim, Wiley-VCH, 2005.