



Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería

www.elsevier.es/rimni



Otimização baseada em confiabilidade para uma célula de carga multiaxial utilizando algoritmos genéticos

L.L. Corso^{a,*}, H.M. Gomes^b, G.P. Mezzomo^c e A. Molter^d

^a Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Centro de Ciências Exatas e da Tecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, 95070-560, Caxias do Sul, RS, Brasil

^b Departamento de Engenharia Mecânica e do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha, 99, 3º andar, 90135-190, Porto Alegre, RS, Brasil

^c Programa de Pós-Graduação em Projeto e Processos de Fabricação, Universidade de Passo Fundo, BR 285, 99052-900, Passo Fundo, RS, Brasil

^d Departamento de Matemática e Estatística, Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, s/nº, Caixa Postal 354, 96010-900, Pelotas, RS, Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 23 de março de 2015

Aceite a 6 de julho de 2015

On-line a xxx

Palavras-chave:

Otimização estrutural

Análise de confiabilidade

Célula de carga multiaxial

R E S U M O

A construção de uma célula de carga multiaxial requer ferramentas robustas a fim de analisar o comportamento da mesma quando submetida a carregamentos estáticos e dinâmicos. Neste trabalho, é dada uma ênfase ao problema da otimização de um modelo de célula de carga multiaxial (6 componentes de força) do tipo Lywood, utilizando-se do conceito de otimização baseada em confiabilidade. É tratado o problema da análise de confiabilidade estrutural, incluindo o efeito da variabilidade geométrica de suas propriedades físicas. A célula de carga foi analisada pelo método de elementos finitos e a restrição da confiabilidade é aplicada para o limite de falha do material. Por meio de mudanças em sua geometria objetivou-se a maximização da primeira frequência natural e, ao mesmo tempo, a redução de massa e consequente aumento da deformação medida sem que a restrição de confiabilidade das tensões seja violada. São mostradas comparações entre o procedimento determinístico de otimização e o proposto, onde constatou-se que a otimização determinística apresentou pontos com elevada probabilidade de falha, sendo justificada a aplicação da otimização baseada em confiabilidade para este tipo de problema. Também foram aplicados diferentes valores do fator de segurança ao modelo de otimização, onde foi possível analisar, *a posteriori*, a confiabilidade do resultado da otimização.

© 2015 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos os direitos reservados.

Reliability based design optimization of a multi-axial load cell using genetic algorithm

A B S T R A C T

The manufacturing process of a multi-axial load cell requires robust tools to analyze the structural behavior when it is subjected to static and dynamic loads. In this work, it is given focus to the problem of optimizing a multi-axial load cell model (6 load components) of Lywood type considering concepts of reliability-based design optimization. The reliability structural analysis problem is handled including the variability effect of geometric and physical properties. The load cell is analyzed by finite element method and the reliability constraint is applied to the strength limit. The objective is the maximization of the first natural frequency and simultaneously reducing the mass and corresponding strains without violating reliability limit set as a limit. Comparisons between the deterministic optimization procedure and the proposed method are presented and it is found that the deterministic optimization points may

Keywords:

Structural optimization

Reliability analysis

Multiaxial load cell

* Autor para correspondência.

Correios eletrônicos: lcorso@yahoo.com.br (L.L. Corso), herbert@mecanica.ufrgs.br (H.M. Gomes), gpmazzomo@yahoo.com.br (G.P. Mezzomo), alexandre.molter@yahoo.com.br (A. Molter).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rimni.2015.07.002>

0213-1315/© 2015 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos os direitos reservados.

have a high probability of failure so justifying in this type of problem the reliability-based optimization. Different values of the safety factor were also tested with the optimization model, and it was possible to analyze, a posteriori, the reliability of the optimization results.

© 2015 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Optimización basada en confiabilidad de célula de carga multiaxial utilizando algoritmos genéticos

R E S U M E N

Palabras clave:
Optimización estructural
Análisis de confiabilidad
Célula de carga multiaxial

La construcción de una célula de carga multiaxial requiere herramientas robustas para analizar el comportamiento de los mismos cuando se somete a cargas estáticas y dinámicas. En este trabajo se da un énfasis al problema de la optimización de un modelo de célula de carga multiaxial (6 componentes de fuerza) de tipo Lywood utilizando el concepto de optimización basado en la confiabilidad. Se abordó el problema de análisis de fiabilidad estructural incluyendo el efecto de la variabilidad geométrica de sus propiedades físicas. La célula de carga se analizó por el método de elementos finitos y la restricción de fiabilidad se aplica al límite de falla del material. A través de cambios en la geometría destinadas a aumentar al máximo la primera frecuencia natural, mientras que se viola la reducción de la masa y el consiguiente aumento de la deformación medido sin la fiabilidad de la restricción de tensiones sea violada. Las comparaciones se muestran entre el procedimiento de optimización determinista y propusieron, donde se encontró que los puntos de optimización deterministas con alta probabilidad de fallo. Fueron también aplicados diferentes valores del factor de seguridad para el modelo de optimización, donde fue posible analizar, retrospectivamente, la confiabilidad del resultado de la optimización.

© 2015 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

1. Introdução

O desejo de obter projetos ótimos, com baixos custos e alta eficiência, sempre foi um grande objetivo da engenharia. Entretanto, se não forem consideradas incertezas de parâmetros ou mesmo variáveis, os pontos ótimos encontrados pelos métodos de otimização determinística podem pecar por apresentar probabilidade de falha não admissível.

Uma forma de considerar incertezas dentro dos modelos de otimização é a utilização da confiabilidade estrutural [1–4]. Este procedimento é chamado de otimização baseada em confiabilidade, do inglês, *reliability based design optimization* (RBDO). Esta metodologia pode ser resumida como a tentativa de encontrar projetos ótimos que atendam a determinado nível de confiabilidade requerido levando em conta diversas fontes de incertezas. Não deve ser confundido com a otimização robusta (*robust design* [RD]), na qual o projeto ótimo é encontrado mantendo a sensibilidade desta solução o menos sensível possível aos parâmetros incertos considerados. Neste caso, não há informação a respeito da confiabilidade final atingida pelo projeto. De acordo com [5], o termo confiabilidade estrutural é comumente utilizado para designar a medida de segurança de determinado sistema estrutural frente a um determinado desempenho esperado. Segundo [5,6], as incertezas em projetos podem ser divididas basicamente em 2 grandes grupos: aleatórias e epistêmicas. São exemplos destas incertezas, mas não limitadas a apenas estas, as incertezas físicas, estatísticas, incertezas devido a fatores humanos, incertezas fenomenológicas provenientes da existência de eventos não previsíveis e incertezas de modelagem provenientes das simplificações e hipóteses adotadas.

Os tamanhos, as formas e as aplicações das células de carga são as mais diversas. Para cada aplicação, é imprescindível determinar a geometria adequada para a aplicação. Para casos onde as células de carga estarão sujeitas a carregamentos dinâmicos, como, por exemplo, em túneis de vento, pode ser importante maximizar as frequências dos modos de vibração, de maneira a que o sinal que servirá para medir a força aplicada não seja distorcido, ou que

ocorra ressonância. Um balanço da razão entre a rigidez e a massa deve ser feito para que ocorra a maximização das frequências naturais sem que a devida sensibilidade da célula de carga aos esforços para que foi projetada seja perdida, justificando assim o uso de métodos de otimização para o projeto destas células de carga. Uma vez que também se objetiva a minimização da massa e a consequente maximização da deformação mensurável, juntamente com a maximização das frequências naturais, tem-se um problema de otimização multiobjetivo.

Neste trabalho pretende-se determinar parâmetros ótimos para uma estrutura, onde o índice de confiabilidade é considerado como um requisito do projeto. Para a análise de confiabilidade utiliza-se o método de confiabilidade de primeira ordem (*first order reliability method* [FORM]) e como procedimento de otimização se utilizam algoritmos genéticos (AG).

2. Método de confiabilidade de primeira ordem

Segundo [7], a confiabilidade pode ser aplicada a diversas áreas da engenharia. Ela está relacionada com o complemento da probabilidade de falha, ou seja, a chance de ocorrência de determinado evento. Uma expressão matemática para a falha de um sistema (violação de determinada restrição) pode ser, em geral, colocado da seguinte forma:

$$g(X_1, \dots, X_n) = 0 \quad (1)$$

onde g representa a função de estado limite que define a restrição a ser cumprida, e X_i as n variáveis que afetam a restrição em questão [8]. Muitas destas variáveis podem possuir componente aleatória. O termo $g(\cdot) \leq 0$ significa que o sistema está no domínio da falha e $g(\cdot) > 0$ significa que o sistema está no domínio da segurança. A probabilidade de falha pode ser calculada usando a função de densidade de probabilidade conjunta $f_X(X_1, \dots, X_n)$:

$$P_f = \int \dots \int_D f_X(X_1, \dots, X_n) dX_1 \dots dX_n \cong \Phi(-\beta) \quad (2)$$

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/8050833>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/8050833>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)