

Resumo

O principal objectivo deste trabalho é o desenvolvimento de um modelo computacional para a fractura baseado no conceito de Elementos Finitos Generalizados.

A Mecânica da Fractura estuda as consequências que os defeitos do material, como as fendas, provocam no campo de tensões e de deformações, procurando estabelecer critérios de dimensionamento baseados na propagação instável dessas fendas.

Em geral, pode dizer-se que uma fenda se propaga instavelmente se o factor de concentração de tensões, FIT, for superior a um determinado valor crítico. Existem várias formas de calcular os FITs, porém só estão disponíveis soluções analíticas para as geometrias e carregamentos mais simples. Em casos mais complexos torna-se necessário recorrer a métodos numéricos. O Método dos Elementos Finitos é o método numérico mais utilizado em problemas de mecânica, mas requer algumas adaptações para descrever a fractura, já que as funções polinomiais utilizadas nas aproximações não descrevem descontinuidades.

Uma solução para aquele tipo de problemas é a utilização do conceito de Método dos Elementos Finitos Generalizados. Dentro destes métodos destaca-se o Método dos Elementos Finitos Estendidos, XFEM, que modeliza as fendas enriquecendo alguns nós da malha de elementos finitos tradicionais com funções descontínuas. Possibilita, ainda, a incorporação de funções associadas aos campos de deslocamentos assintóticos em torno da extremidade da fenda, permitindo o cálculo dos FITs de forma simples. É uma ferramenta poderosa na descrição do fenómeno da fractura e permite poupar esforços computacionais, já que a simulação das fendas é independente da malha, evitando o remalhamento.

Assim, construíram-se alguns modelos computacionais, baseados no XFEM, de peças contendo fendas e calcularam-se os respectivos FITs. Os resultados obtidos foram comparados com soluções analíticas e resultados numéricos obtidos por outros métodos.

No final do trabalho, procurou-se desenvolver um exemplo que estabelecesse a ponte entre a mecânica do dano contínuo e a mecânica da fractura.

Summary

The main objective of this thesis is the development of a computational model for fracture based on the Generalized Finite Element Method. Fracture Mechanics studies failure due to defects on the materials and establishes failure criteria based on the instable propagation of cracks.

Usually, one may say that the instable propagation of a crack occurs when the stress intensity factor, SIT, reaches a critical value. There are several ways of calculate the SITs, however, there are only analytical solutions for simple geometry and simple load cases. For complex situations it is necessary to use numerical methods. The Finite Element Method is the most used numerical method in mechanical problems but it requires some special features to describe fracture as the polynomial functions in which is based cannot describe discontinuities.

A solution for that type of problems is to use the concept of Generalized Finite Element Method. Among these methods, the Extended Finite Element Method, XFEM, is the most popular, in which cracks are modelled by the local enrichment of standard nodal functions with discontinuous functions. Asymptotic displacement fields associated with the cracks may also be used on the crack tip to improve the solution and to easily calculate the SIFs. XFEM does not require remeshing for fracture propagation and therefore it is a powerful tool to address fracture phenomena with little computational resources.

Based on the XFEM some computational models containing cracks were built and the SIFs were calculated. Results were compared with analytical solutions and other results obtained with different numerical methods.

Finally, an attempt was made to build a model combining Damage Mechanics and Fracture Mechanics.