

## **SOFTWARE DEVELOPMENT FOR SIMULATION OF GENERAL FATIGUE CRACK PROPAGATION. PITTING PREDICTION APPLICATION.**

**J. Jurenka\*, M. Španiel\***

**Summary:** *The basic principles for numerical modeling of fatigue cracks propagation in the general 2D bodies under general loading is presented on this paper. Results of numerical simulations of fatigue crack propagation under combined loading are shown as well. The verification of proposed algorithms for crack propagation is carried out on the base of these results, with respect to the consequent research of pitting formation simulation.*

### **1. Úvod**

Výpočty šíření únavových trhlin MKP se v současnosti aplikují na problémy v různých oblastech od stanovení únosnosti až po řešení některých typů opotřebení strojních součástí. Metodika simulace růstu „dlouhých“ trhlin pro jednoduchou geometrii tělesa a základní módy namáhání vyhovujících podmínkám lineární lomové mechaniky je poměrně dobře zvládnuta. Mnoho problémů technické praxe překračuje rámec těchto zavedených postupů. Jedná se např. o problematiku dlouhých trhlin namáhaných módem II, nebo krátkých trhlin, které se vyvíjejí ve složitém napěťovém poli s elasto-plastickou odezvou materiálu. Do druhé skupiny můžeme zařadit únavové poškození kontaktních povrchů např. ozubených kol, tzv. pitting či spalling.

Na pracovišti Fakulty strojní ČVUT v Praze je v rámci podporovaného výzkumu GAČR 101/06/1427 a za podpory VCJB\*\* vyvíjen univerzální programový aparát pro simulaci růstu únavových trhlin ve 2D s finální aplikací v simulaci pittingu.

### **2. Simulace šíření únavové trhliny – numerický model**

V našem přístupu je východiskem simulace stabilního šíření popis stavu napjatosti na čele trhliny pomocí podobnostních kritérií (zatím pouze lineární) dvouparametrové lomové mechaniky – faktoru intenzity napětí (J-integrálu) a T-napětí. Startovním bodem simulací je relativně krátká iniciační trhlina. Růst trhliny je realizován přírůstky, jejichž délka je předem zvolena nebo podléhá předem daným pravidlům. Směr (i) a počet (ii) cyklů zatížení nutných k dosažení daného přírůstku je stanoven na základě hodnot výše zmíněných kritérií po jeho realizaci.

---

\* Ing. Josef Jurenka, Ing. Miroslav Španiel, CSc.: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky; Technická 4; 166 07 Praha 6; tel.: +420224352561, fax: +420233322482; e-mail: Josef.Jurenka@fs.cvut.cz, Miroslav.Spaniel@fs.cvut.cz

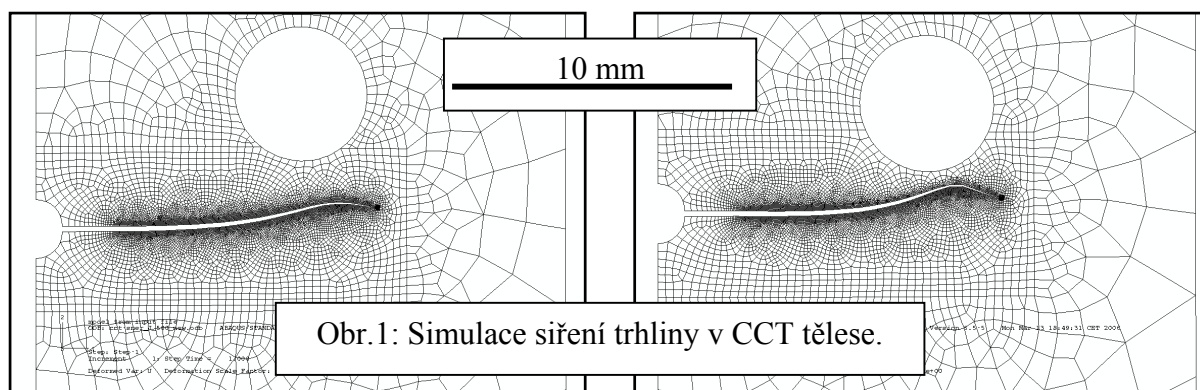
\*\* Výzkumné centrum spalovacích motorů a automobilů Josefa Božka

- i) Pro určení směru šíření trhliny byly využity jak algoritmy obsažené přímo v softwaru ABAQUS (kriterium maximálního tangenciálního napětí, maxima uvolněné deformační energie a  $K_{II} = 0$  kriterium), tak i přístup založený na přímém nalezení směru s maximální hodnotou J-integrálu.
- ii) Přírůstek počtu cyklů je dán Paris-Endorganovým vztahem na základě (změřených) materiálových charakteristik.

Numerický model byl realizován v prostředí MKP programu ABAQUS s využitím skriptovacího jazyka Python. Tato koncepce využívající k průběžné tvorbě tělesa s rostoucí trhlinou modelář a generátor sítě komerčního programu se při současném výkonu VT jeví jako únosná.

### 3. Výsledky

Při vývoji a verifikaci uvedených algoritmů šíření trhliny byly dosud provedeny testovací výpočty na zkušebních tělesech. Na obr. 1 je jako příklad prezentována simulace růstu únavové trhliny v CCT tělese, ve kterém byly vyvrtány dva otvory - koncentrátoři napětí. Takové modely budou v blízké budoucnosti využity k verifikaci a porovnání různých variant stanovení směru šíření trhlín (viz i).



### 4. Závěr

Prezentovaná práce je první etapou výzkumu numerické simulace vzniku pittingu. Byla prokázána funkčnost naprogramovaných algoritmů pro simulaci šíření trhliny v rámci lineární lomové mechaniky.

### 5. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory GAČR 101/06/1427 a Výzkumné centrum spalovacích motorů a automobilů Josefa Božka.

### 6. Literatura

- [1] Broek, D.: Elementary engineering fracture mechanics, *Marinus Nijhoff Publisher*, 1982
- [2] Seitzl, S.: Dvoupárametrová lomová mechanika - Popis krátkých únavových trhlín, Ph. D. disertace, 2003