

Únavové poruchy letadel

řádkovací elektronová mikroskopie

Radka Kolářová
Gymnázium Štenberk
Raduska.kolarova@gmail.com

Pavel Čupr
Gymnázium Brno Křenová
Pavel.Cupr@seznam.cz

Milan Kolomazník
Střední škola průmyslová a hotelová Uherské Hradiště
mkolomaz@centrum.cz

Abstrakt:

Pomocí metod kvantitativní fraktografie byla provedena rekonstrukce šíření únavové trhliny v integrálním panelu se dvěma podélníky. Výsledky analýzy byly srovnány se stávajícími výsledky z archivu Kmat-FJFI-ČVUT a byl zkoumán vliv operátora. Provedený experiment potvrdil, že je nutné věnovat pozornost vlivu operátora při stanovení rozteče striací.

1 Úvod

Únava materiálu je proces změn strukturního stavu materiálu a jeho vlastností vyvolaný kmitavým (cyklickým) zatěžováním.

2 Fraktografie

Fraktografie je vědní disciplína zkoumající procesy porušování na základě morfologie lomových ploch. Kvalitativní fraktografie zkoumá mechanismy, které vedou ke vzniku lomové plochy. Kvantitativní fraktografie vyhodnocuje uplatnění jednotlivých mechanismů při vzniku lomové plochy. Výstupem kvantitativní analýzy únavově porušeného tělesa je tzv. růstová křivka, t.j. závislost délky únavové trhliny na počtu zatěžovacích cyklů, dílčím výsledkem je stanovení lokální rychlosti šíření únavové trhliny v závislosti na její délce.

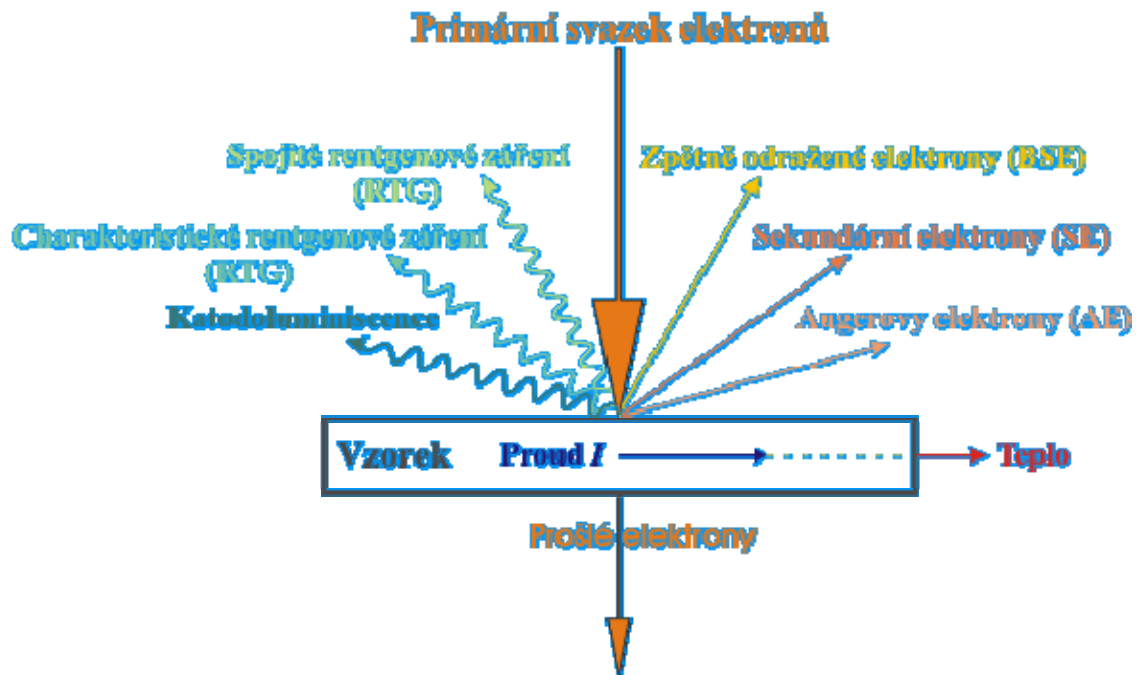
Při stanovení rychlosti šíření únavové trhliny se opíráme o měření rozteče striací na lomové ploše. Striace jsou periodické útvary, které vznikají při cyklickém zatěžování v důsledku plastické deformace před čelem trhliny a jejich rozteč s charakterizuje mikroskopickou rychlost šíření únavové trhliny s pomocí multiplikativního faktoru

$$v = D(s) \cdot s.$$

Faktor $D(s)$ je stanoven pro daný materiál na základě laboratorního měření délky únavové trhliny v průběhu zkoušky jednoduchého tělesa.

Experiment

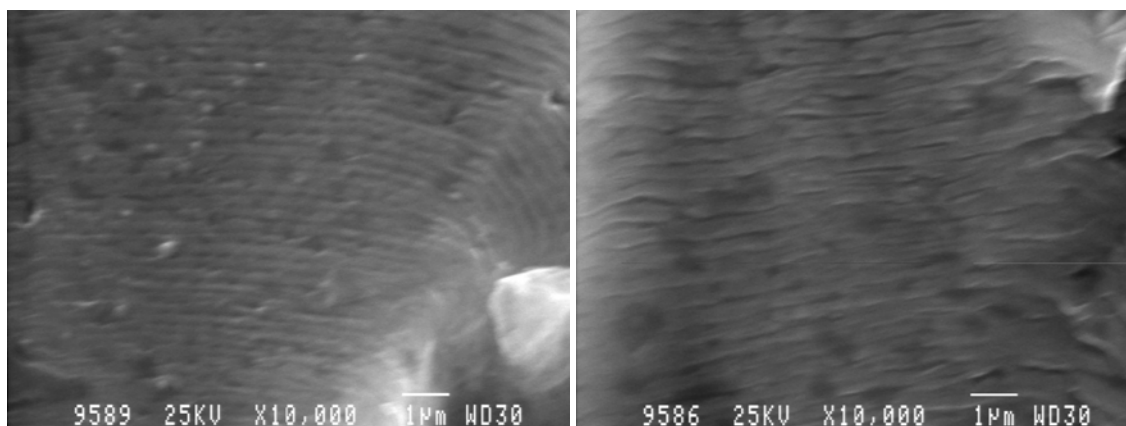
Analyzovali jsme integrálně vyztužený panel vyrobený vysokorychlostním obráběním. Panel byl monotónně cyklicky zatěžován ve zkušebně CLKV Brno. Maximální napětí $\sigma_{\max} = 110$ MPa a parametr asymetrie cyklu $R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = 0.5$. Lomová plocha byla zkoumána pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu Jeol JSM-840. Obraz lomové plochy vzniká na základě interakce elektronového svazku a zkoumaného vzorku. Elektronový svazek vzniká emisí elektronů z vlákna o vysoké teplotě, které jsou urychlovány vysokým napětím. Svazek je fokusován elektromagnetickým polem, aby bylo dosaženo co nejmenší stopy svazku na povrchu vzorku. Požadovaného zvětšení se dosahuje volbou oblasti rastrované elektronovým svazkem.



Obr. 1 - Interakce elektronového svazku se vzorkem.

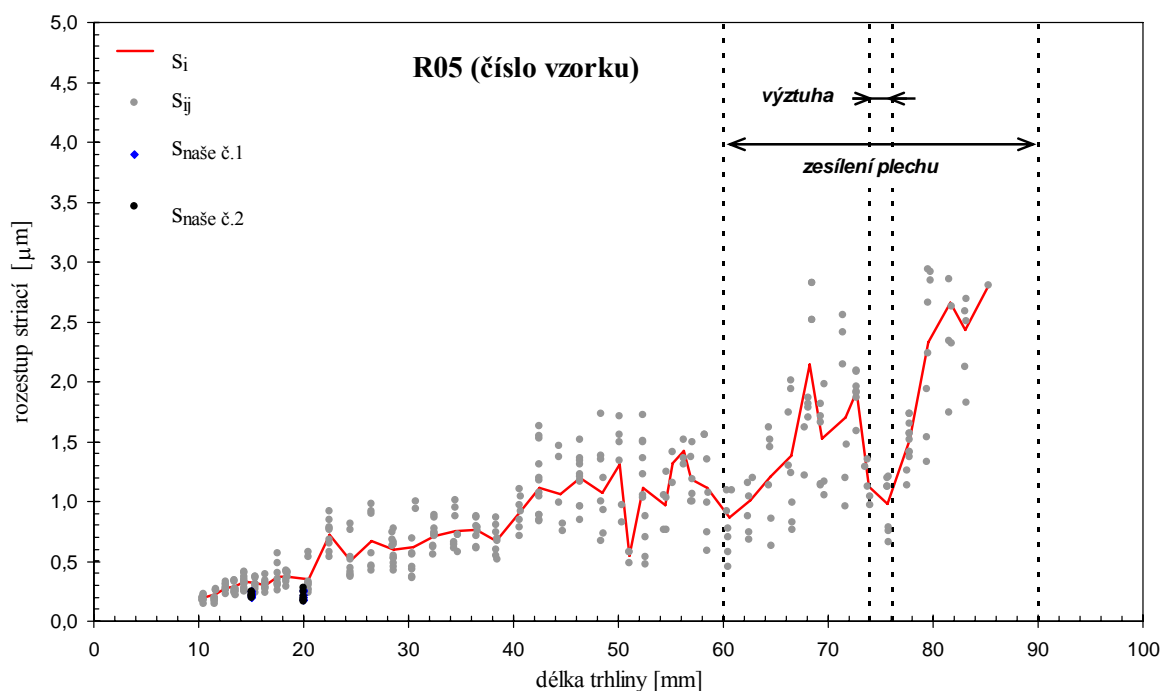
Výsledky

Pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu byly pořízeny 4 fotografie lomové plochy (Obr. 2) ve dvou různých vzdálenostech od středu vrubu (lomově mechanická délka trhliny). Na každém snímku byla změřena průměrná rozteč tří skupin striací.



Obr. 2 – mikromorfologie lomové plochy únavového lomu pozorované v řádkovacím elektronovém mikroskopu.

Naměřené výsledky byly vyneseny do stávajícího (referenčního) grafu $s(a)$ a statisticky zpracovány. Ukazuje se, že střední hodnota naměřených dat pro danou délku trhliny činí asi 60% referenční hodnoty z archivu KMAT. Zjištěný rozdíl prokazuje vliv operátora na hodnotu změřené rozteče striací. Je tedy vhodné, aby též operátor stanovoval i závislost $D(s)$.



Obr. 3. – grafické znázornění rozteče striací s na délce trhliny a

Diskuse

Vyzkoušeli jsme si základní obsluhu řádkovacího elektronového mikroskopu a pochopili princip fungování tohoto zařízení. Následně jsme provedli měření rozteče striací, jehož výsledky jsou uvedeny na Obr. 3.

3 Shrnutí

Rekonstrukce šíření únavové trhliny na základě měření striací umožňuje stanovit vazbu mezi délkou trhliny a počtem letových hodin. Proto je jedním z podkladů pro stanovení intervalu mezi prohlídkami draku letadla. Pomáhá tak předcházet, katastrofám které by mohly vzniknout únavovým porušením za letového provozu.

Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat našemu supervisorovi Ing. Ondřejovi Kovářikovi, Ph.D a také Ing. Janu Siegelovi, CSc a Ing. Janu Adámkovi, kteří nám zprostředkovali další informace. Závěrem děkujeme Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské, především potom organizátorům Fyzikálního týdne 2008.

Reference:

- [1] Kovářik, O., Siegl, J., Kunz J.: Fractographic Reconstitution of Fatigue Crack Growth in Integrally Stiffened Panels, výzkumná zpráva
- [2] http://home.pf.jcu.cz/~bilyto00/bak/2_1.htm
- [3] Únavové poruchy letadel, Fyzikální týden 2007