

Únavové poruchy letadel řádovací elektronová mikroskopie

D. Ornová*, P. Váňa**

*Gymnázium Botičská, Praha 2 (darinka.lorinka@centrum.cz)

**SPŠE Mohelnice (kwana@seznam.cz)

Abstrakt:

Jak lze využít řádkovací elektronový mikroskop při studiu únavových poruch letadel? Aplikace fraktografie a popis procesů porušování.

1 Úvod

Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámit se s řádkovacím elektronovým mikroskopem a s jeho pomocí nahlédnout na letadla z poněkud netradičního úhlu – z hlediska studia příčin únavových poruch.

2 Bezpečnost letadla

K tomu, aby byla letecká doprava co nejbezpečnější, je třeba, aby v rámci vývoje prošel každý letoun důkladnými zkouškami, které mohou odhalit slabá místa konstrukce a získat informace o procesech porušování. Na draku letadla se provádějí dva základní typy mechanických zkoušek: experimentální průkazy únavových vlastností a experimentální průkazy reziduální pevnosti únavově poškozené konstrukce [1]. Těmito zkouškami simulujeme rozmanité podmínky, ve kterých se v reálném provozu stroj pohybuje (klidný let, turbulence, start, přistání, nestandardní režim letu apod.).

Na základě uvedených zkoušek lze navíc stanovit intervaly inspekčních prohlídek a to jak pro konstrukce typu safe-life („bezpečný život“ – zde nesmějí být žádné trhliny ani poruchy), tak konstrukce typu fail-safe („bezpečné i při poruše“ – výskyt trhlín určité velikosti neohrožuje bezpečnost letounu).

3 Fraktografie

Každý materiál se za nějaký čas unaví, důležité je stanovit okamžik, při kterém začne konstrukce či její součást ztrácet soudržnost anebo provozuschopnost. Vznikne-li při zkoušce trhlina, chceme vědět, kde a za jakých podmínek tato trhlina vznikla, jak se šířila v závislosti na čase apod. Na všechny tyto otázky nám může dát odpověď fraktografie. Jedním z jejích nejcennějších přínosů je možnost rekonstrukce časového průběhu únavového procesu, tzn. popis závislosti velikosti nosného průřezu na počtu cyklů zatížení nebo na počtu letových hodin [2].

Pokud je to možné, pozorujeme trhliny přímo při únavových zkouškách. Po ukončení zkoušek je prováděna fraktografická analýza využívající zpravidla řádkovací elektronové mikroskopie.

Jedním z pracovišť zabývajícím se fraktografickou analýzou je katedra materiálů ČVUT-FJFI v Praze.

4 Elektronová mikroskopie

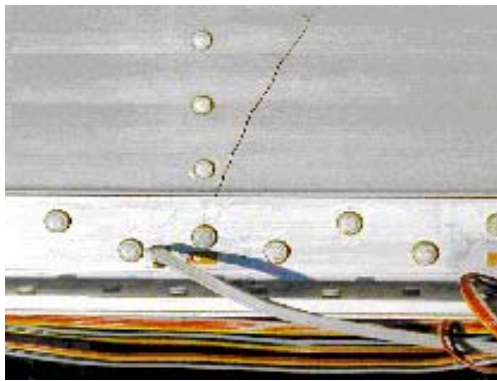
Elektronové mikroskopy máme dvojího druhu:

Transmission Electron Microscopy (TEM) – jejich princip je podobný jako u optického mikroskopu, místo fotonů je však pozorovaný objekt vystavován proudem elektronů. Vzorek musí být dostatečně tenký, aby jím elektrony prošly. Díky tomu, že vlnová délka elektronů je mnohonásobně menší než vlnová délka světla, lze dosáhnout rozlišovací schopnosti tak velké, že dokážeme pozorovat i jednotlivé atomy. TEM dosahuje zvětšení od 1000x až do 500 000x.

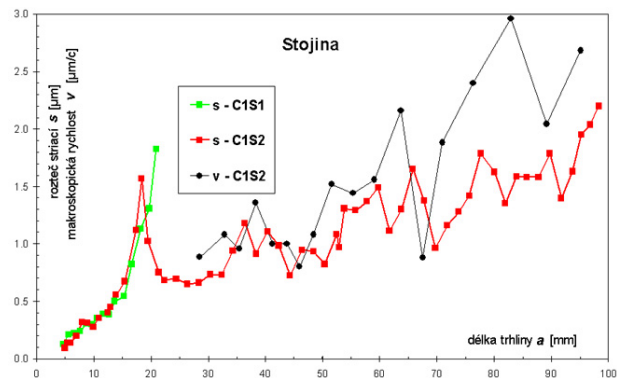
Scanning Electron Microscopy (SEM) – na rozdíl od TEM elektrony vzorkem neprocházejí, ale odrážejí se od jeho povrchu. Tímto lze povrch zobrazit trojrozměrně (zatímco u TEM získáváme dvojrozměrný obraz). Dosahujeme zvětšení 10 – 50 000x.

5 Fraktografická analýza nosníku křídla porušeného při únavové zkoušce

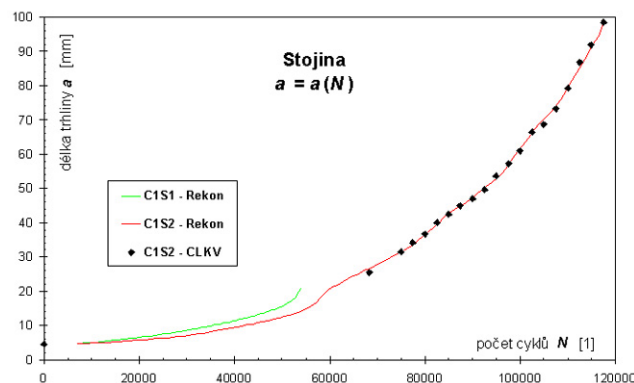
V rámci výzkumu únavových vlastností letounu byla realizována únavová zkouška hlavního nosníku křídla. V průběhu zkoušky vznikla únavová trhlinka ve stojině nosníku. Trhlinku nebylo možné měřit ihned, protože byla překryta svislým ramenem pásnice (obr. 1). Rekonstrukce šíření této poruchy byla provedena na základě měření rozteče striací v závislosti na délce trhliny (obr. 2). Získané výsledky nám posloužily k určení závislosti délky trhliny na počtu zatěžovacích cyklů (obr. 3). Z grafu je patrné, že rekonstrukce byla provedena i pro tu část trhliny, která nebyla v průběhu zkoušky viditelná [3].



Obr. 1 : Porušený nosník křídla.



Obr. 2 : Závislost rozeče striací na délce trhliny.



Obr. 3 : Závislost délky trhliny na počtu cyklů.

6 Shrnutí

Významné rozšíření aplikačních možností fraktografie bylo umožněno v důsledku rozvoje experimentálních metod, zejména pak s vývojem řádkovací elektronové mikroskopie. Fraktografie je metoda nezbytná k analýze provozních poruch leteckých nehod. Umožňuje nám číst v „paměti“ tělesa s trhlinou a pomáhá tak předcházet leteckým neštěstím.

Poděkování

Především bychom chtěli poděkovat trpělivému supervisorovi ing. Janu Sieglovi, CSc., dále pak všem, kteří se podíleli na organizaci letošního Fyzikálního týdne.

Reference:

- [1] VZLÚ a.s.: *Pevnost letadel*, <http://www.vzlu.cz/htmlfiles/pevnost.htm>
- [2] KUNZ, J.: *Fraktografické studium šíření trhlin v letadlových konstrukcích*. [Výzkumná zpráva LU 24/2001/CLKV.] Brno, CLKV 2001, 40 s.
- [3] KUNZ, J. – SIEGL, J. – NEDBAL, I.: *Fraktografická analýza nosníku křídla porušeného při únavové zkoušce*. [Výzkumná zpráva LU2/2003/CLKV] Brno, CLKV 2003, 47 s.