

POSOUZENÍ KOROZNÍ ODOLNOSTI DÍLŮ PARNÍCH TURBÍN S VYUŽITÍM LOMOVÉ MECHANIKY

CORROSION RESISTANCE EVALUATION FOR STEAM TURBINES BY FRACTURE MECHANICS

Miroslav J. Černý

ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 16608 Praha 6

Abstrakt

Příspěvek se zabývá hodnocením únavové koroze dílů parních turbín z hlediska vzniku krátkých únavových trhlin.

Lomová mechanika a Kitagawa- Takahashi (K-T) diagram

Pro hodnocení vlivu důlkové koroze na únavové vlastnosti materiálů lze použít lineární lomovou mechaniku. Bylo zjištěno, že většina korozních důlků má přibližně semi-eliptický tvar s šířkou důlku na povrchu $2c$ a hloubkou a (obr. 1). Výsledky výzkumů ukazují, že tyto korozní důlky mohou být uvažovány jako semi-kruhové povrchové trhliny (hloubka je potom c). Protože se předpokládá, že únavové trhliny se tvoří na okraji korozního důlku, rozměr c (polovina šířky korozního důlku), rozměr a je použit pro popis korozního důlku. Dalším předpokladem je, že rozměr korozního důlku je malý vzhledem k velikosti trhliny. Potom může být stanoven faktor intenzity napětí ΔK [1].

$$\Delta K = Y \cdot \Delta \sigma \sqrt{\pi \cdot c}$$

kde

Y je geometrický součinitel ($Y=0,65$)

$\Delta \sigma$ je rozkmit napětí

c je poloviční šířka korozního důlku

Jednou z hlavních vlastností faktoru intenzity napětí by měla být geometrická invariantnost vzhledem k délce trhliny.

Experimentální výzkumy z posledních deset let ukázaly, že tato invariantnost faktoru intenzity napětí má omezenou platnost. Protože faktor intenzity napětí neumožňuje dostatečně přesný popis pole deformací, vznikající v okolí čela krátké trhliny při vysokých úrovních napětí, není pomocí něj možné jednoznačně popsat šíření těchto trhlin [2].

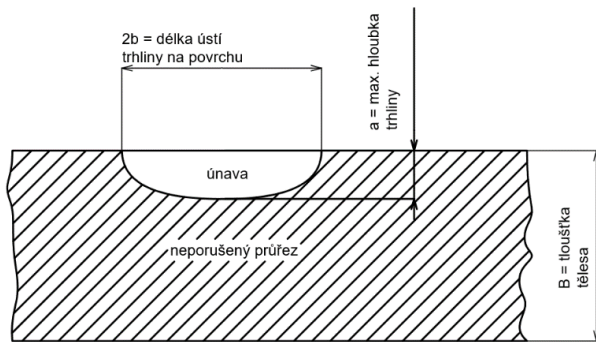
Krátká trhlina je pojem relativní, závislý na úrovni napětí a deformace. Porovnáním chování dlouhé trhliny při nízkém rozkmitu napětí a krátké trhliny (povrchové mikrotrhliny) bylo zjištěno, že při stejném faktoru intenzity napětí a krátké trhliny při vysokém rozkmitu napětí je rychlost šíření krátké trhliny podstatně větší, než rychlost šíření dlouhé trhliny. Rozdíl je tím větší, čím větší je v případě krátké trhliny rozkmit napětí.

Rychlost šíření krátké trhliny (povrchové mikrotrhliny) závisí nejen na úrovni napětí, ale i na mikrostruktuře materiálu. Čím je vyšší úroveň napětí v kritickém místě, tím je větší plastická deformace v povrchovém zrnu materiálu a tím větší rychlostí se trhlina v tomto zrnu šíří. Počáteční pokles rychlosti je způsoben interakcí čela únavové trhliny s první podpovrchovou hranicí zrn. Trhlina prochází hranicí zrn plynule do dalších podpovrchových zrn a postupně se chová jako dlouhá trhlina. Průběh ΔK je na obr. 2.

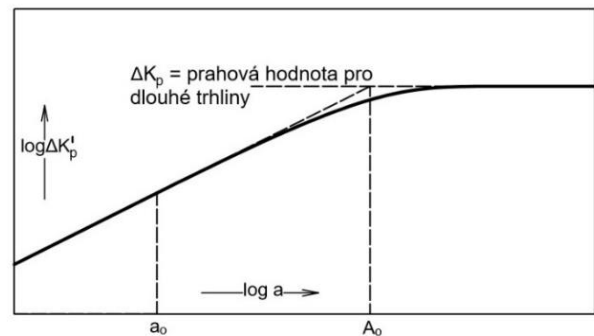
Závislost meze rozkmitu napětí (únavy) $\Delta \sigma_p$ (prahové hodnoty $\Delta \sigma$) na délce trhliny a lze vyjádřit pomocí Kitagawova – Takahashi diagramu. V oblasti a a menší než a_0 (strukturní

parametr, obr. 2) mez únavy na délce trhliny nezávisí. Podobně lze vyjádřit K-T diagram závislosti ΔK na délce trhliny a [3].

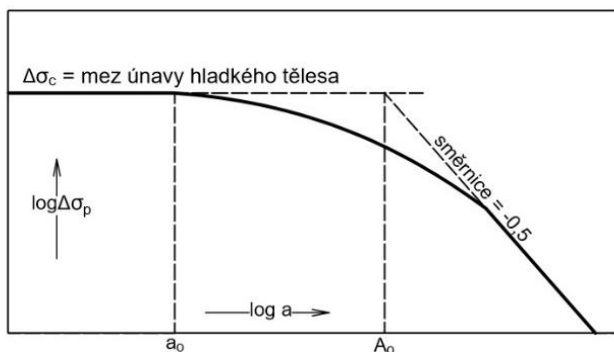
Uvedený diagram platí pro 403/410 12% Cr martenzitickou ocel. The K-T diagram koreluje rozměry korozního důlku s hodnotami únavy. Data jsou vztažena k hodnotě R (poměr minimálního a maximálního napětí pro kombinaci stálého a cyklického napětí). Ve výsledku K-T diagramy mohou být použity pro odhad meze únavy a životnosti korodovaných částí parních turbín (obr. 4) – např. pro korod. ocel s pol. šířkou korozního důlku $50 \mu\text{m}$ je $\Delta\sigma_p$ 280 MPa.



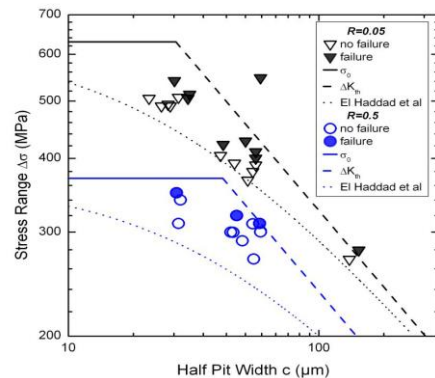
Obr. 1 Povrchová semieliptická trhlina



Obr. 3 K-T diagram závislosti ΔK – a



Obr. 2 K-T diagram závislosti $\Delta\sigma$ a



Obr. 4 K-T diagram pro 403/410 ocel

Příspěvek byl vytvořen v rámci grantového projektu TE01020068.

Literatura

- [1] Černý M.(2016): *Localized Corrosion in Alloy Steel of Steam Turbines*, Applied Mechanics and Materials, vol.827 (2016), Trans Tech Publications, doi:10.428/www.scientific.net/AMM.827.177.
- [2] Černý M.J.(2017): *Modeling of Corrosion Fatigue Damage in Steel Alloy for Steam Turbines*, Proc.EAN 2017, Nový Smokovec, Slovakia.
- [3] Salzman R., Gandy D., Rieger N., Schönbauer B., Tchegg S., Zhou S., Turnbull A. (2013): *Corrosion-fatigue Prediction Methodology for Steam Turbine Blades*, Energy-tech.