

Rudolf J a n d a, Václav M e n t l, Slavoj K a p i t á n
ÚVZÚ Škoda Plzeň

POROVNÁNÍ TEORETICKÝCH VZTAHŮ PRO SOUČINITEL INTENSITY NAPĚTÍ NA ČELE POVRCHOVÉ TRHLINY S EXPERIMENTÁLNÍMI VÝSLEDKY.

Úvod

Zkoušky těles s povrchovými trhlinami představují progresivní přístup ke studiu zákonitostí chování reálných trhlín v konstrukcích. Aplikace lomové mechaniky v těchto případech vyžaduje znalost součinitele intenzity napětí (SIN) pro trhlinu se zakřiveným čelem. Protože se doposud nepodařilo nalézt obecné přesné teoretické řešení tohoto problému, vychází většina autorů ze známého přesného řešení napjatosti v okolí vnitřní eliptické trhliny v dokonale elastickém isotropním tělese nekonečných rozměrů a hledá velikost korekčních součinitelů, které by braly v úvahu konečné rozměry skutečných součástí a nezbytnou přítomnost plastických deformací.

Jedním z nevyjasněných problémů povrchových trhlín je, ve kterém místě čela trhliny je nejvyšší intenzita napětí. SIN podél čela trhliny se mění v závislosti na úhlu φ , elipsovitosti trhliny a/c a poměrné hloubce trhliny a/t . Podle některých autorů, např. /1/, dosahuje SIN maximální hodnoty v nejhlubším místě trhliny ($\varphi = 0$), popř. v jeho okolí /2/. Podle /3/ nastává zvrat v průběhu SIN přibližně při $a/c=0,6$, kdy se maximum SIN přesouvá k volnému povrchu tělesa ($\varphi = 90$).

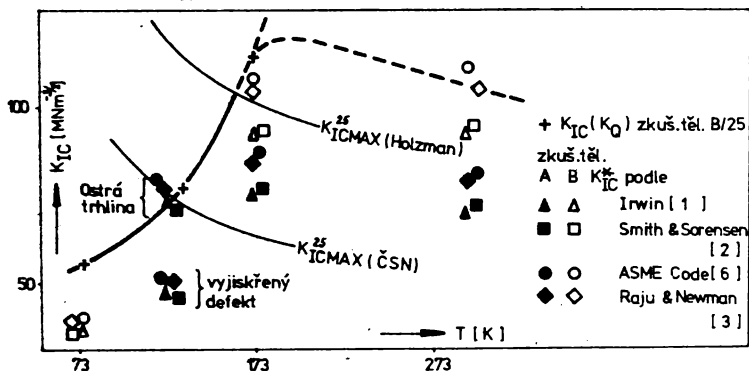
Materiál a zkušební tělesa

Zkušební tělesa dvou velikostí (příčný průřez 12,5x50mm - tělesa "S" - a 18,75x75mm - tělesa "M") byla vyrobena z oceli typu CrMoV používané pro tlakové nádoby jaderných reaktorů (podrobnosti viz /4/ a /5/). Povrchové trhliny přibližně poloeliptického tvaru byly vyrobeny jednak elektrojiskrově, jednak vysokocyklovým únavovým zatěžováním těles v ohybu. Velikost vyjiskřených trhlín byla v rozmezí 0,187 $a/2c$ 0,343; 0,149 a/t 0,635; velikost ostrých únavových trhlín v rozmezí 0,176 $a/2c$ 0,356; 0,160 a/t 0,544.

Zkoušky tahem do lomu těles s povrchovými trhlinami byly provedeny na zkušebních strojích MTS 500 a 2500 kN při konst. rychlosti nárůstu zátěžné síly. Zkušební teploty byly 123, 173 a 293K (tělesa S) a 77, 173 a 293K (tělesa M). Jako chladicí médium byl použit kapalný dusík, event. jeho páry.

Experimentální výsledky

Získané výsledky umožnily mimo jiné provést srovnání kritických hodnot SIN pro povrchové trhliny K_{IC}^* podle různých autorů s hodnotami lomové houževnatosti K_{IC} (K_Q) stanovenými na tělesech B/25 dle ČSN 420347, viz obr.1. Uvedené hodnoty K_{IC}^* představují průměrné hodnoty z těles zkoušených při dané



Obr.1 SIN povrchových trhlin v porovnání s lomovou houževnatostí daného materiálu

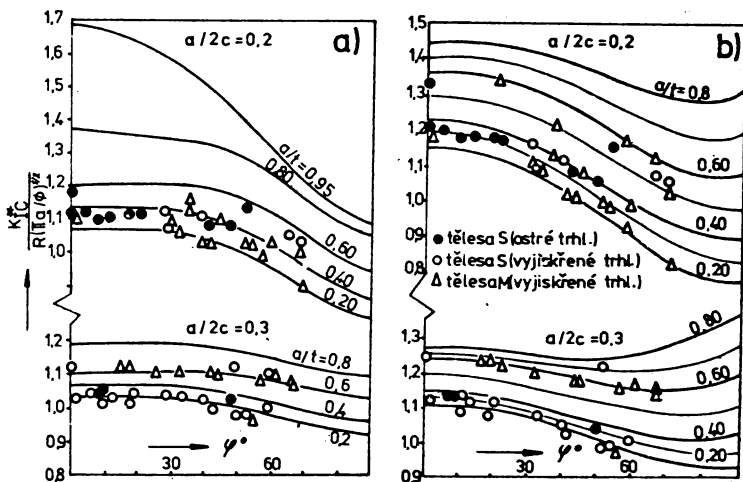
teplotě. Ze vzájemného porovnání jednotlivých hodnot lze vyvodit následující:

- 1) Hodnoty K_{IC}^* podle různých autorů jsou téměř shodné. To je způsobeno relativně malými a mělkými trhlinami, pro které se korekční součinitele podle jednotlivých autorů příliš neliší.
- 2) Hodnoty K_{IC}^* vypočtené z těles M jsou při teplotách 173 a 293K přibližně o 20% vyšší než u těles S, což lze vysvětlit vyššími hodnotami maximálního nominálního napětí v případě těles M, jejichž tvar pravděpodobně způsoboval ve zkušební čas-

ti těles trojosou napjatost.

3) Při teplotě 123K se projevil výrazný rozdíl mezi vyjiskřenými a ostrými únavovými trhlinami. Ostré trhliny dávají hodnoty K_{IC}^* přibližně o 50% vyšší a navíc shodné s hodnotami K_{IC} stanovenými na tělesech B/25.

Provedený fraktografický rozbor lomových ploch umožnil porovnat polohu iniciačních center s teoretickými vztahy pro změnu SIN podél čela trhliny. V ideálním případě homogenního isotropního materiálu a dokonalého poloeliptického tvaru trhliny by zjištěná iniciační centra, z nichž se začíná šířit lomová trhlina měla ležet v místě maximální hodnoty SIN. Na obr.2. jsou nalezená iniciační centra vynesena v závislosti na úhlu ψ a hodnotách poměrů $a/2c$ a a/t ve srovnání s teoretickými závislostmi změny SIN podél čela trhliny, jak byly odvozeny v /2/ a /3/. Z diagramů vyplývá následující:



Obr.2 Polohy iniciačních center v porovnání s teoretickými řešeními podle a) /2/, b) /3/

1) V nejhlubším místě a jeho nejbližším okolí nejsou povrchové trhliny iniciovány nijak častěji než v jiných bodech čela trhliny (s výjimkou bodů blízkých povrchu tělesa).

2) Největší počet iniciačních center se nachází v rozmezí $25^{\circ} < \varphi < 70^{\circ}$.

3) Ani jediné iniciační centrum nebylo nalezeno pro $\varphi > 70^{\circ}$, tedy blízko volného povrchu tělesa, kde teoretické řešení /3/ vykazuje maximum, i když pro mělké trhliny pouze lokální. Tomuto faktu nelze jako protiváhu položit ani existenci stavu rovinné napjatosti na povrchu tělesa, neboť pro zkušební teploty 173 a 123K, pro které byl rozbor polohy iniciačních center proveden, jsou plastické makrodeformace vesměs velmi malé.

Na základě provedeného srovnání nelze jednoznačně rozhodnout, které z obou řešení se blíží realitě více, a to také proto, že pro zvolené tvary trhlín jsou obě řešení kvantitativně velmi blízká. Zdá se však, že výsledky podle /2/ lépe vystihují průběh změny SIN podél čela povrchové trhliny, a to alespoň pro dané tvary trhlín. Pro hlubší trhliny ($a/2c > 0,5$) zřejmě platí, že poloha místa max. hodnoty SIN se přesouvá k volnému povrchu tělesa.

Literatura

- /1/ Irwin, G.R., J.Appl.Mech., Vol.29, No.4, 1962, 651-654
- /2/ Smith, F.W. & Sorensen, R.R., Int.J.Fracture, Vol.9, No.1, 1976, 47-51
- /3/ Raju, I.S. & Newman, J.C.Jr., Eng.Fracture Mech., Vol.11, 1979, 817-829
- /4/ Janda, R. & Mentl, V., VZ Škoda ÚVZÚ Plzeň, TIZ1158, 1979
- /5/ Janda, R. & Mentl, V., VZ Škoda ÚVZÚ Plzeň, TIZ 1160, 1979
- /6/ ASME CODE, Section XI, Interservice Insp. Nuclear Power Plants Comp., Appendix A, Eval.Flaw Indications