

Ing. Eva Lásková CSe, Zbyněk Maděj, Doc. Ing. Jaroslav Novák CSe, Milada Štáhrlová, Ing. Vladimír Weiss CSe
ČVUT - fakulta stavební

Šíření trhlin v kompozitech

Šíření trhlin v kompozitech bylo experimentálně sledováno na páslech z ortotropního skelného laminátu, namáhaných přetým tahem. Cílem těchto zkoušek bylo stanovit

- vliv velikosti vrubu na iniciaci a postup šíření trhliny v oslabeném průřezu
- rozložení napjatosti v úrovni oslabeného průřezu
- změny deformace v úrovni oslabeného průřezu v závislosti na růstu zatěžovací síly a na šíření trhliny
- rychlost šíření trhliny.

Zkoušky byly prováděny na mechanických zkušebních strojích s nastavitelnou rychlostí přírůstu deformace, jež byly vybaveny elektrickými odporovými snímači síly, zapojenými na liniový zapisovač Vareg 2 (Metra Blansko). Tím byla získána registrace síly na čase. Deformace byly sledovány v úrovni oslabeného průřezu odporovými tensometry, a to zprvu drátkovými (Mikrotechna G 120), později foliovými (Philips PR 9832 K/10 AE - 600). Registrace deformací byla prováděna dvěma 12ti kanálovými smyčkovými oscilografy 12 LS-1 (Funkwerk Dresden). Pro vyhodnocení závislosti deformace na síle bylo použito záznamů deformace/čas a síla/čas.

K měření rychlosti šíření trhliny byly na zkušební pásy upevněny epoxidovou pryskyřicí spínací kontakty z měděných drátků ϕ 0,2 mm, zapojené s generátorem a čítačem impulsů (BM 445 E Tesla a G 2202.500 Funkwerk Erfurt) tak, aby se přetržením prvního kontaktu čítač uvedl v činnost a přetržením druhého kontaktu se vypojoil (obr. 1).

Zkoušky byly prováděny na páslech šířky 160 mm a volné délky (mezi upnutím) 400 nebo 300 mm, vyříznutých z desky

1,8 až 2,1 mm tlusté tak, aby směr síly byl ve směru osnavy. Deska byla vyrobena kontaktním laminováním ze 4 vrstev skelné tkaniny V 365 prosoycované pryskyřicí ChS polyester 221 (užitý vytvrzovací systém: na 100 hm.d. pryskyřice 2 hm.d. urychlovače P X, 3 hm.d. katalyzátoru P II a 1 hm.d. urychlovače P 1/40).

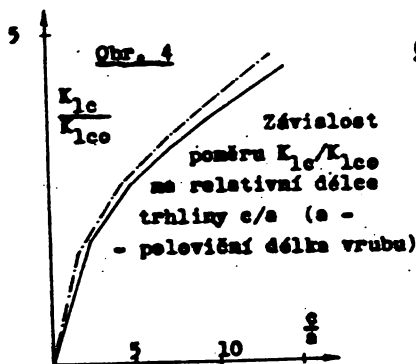
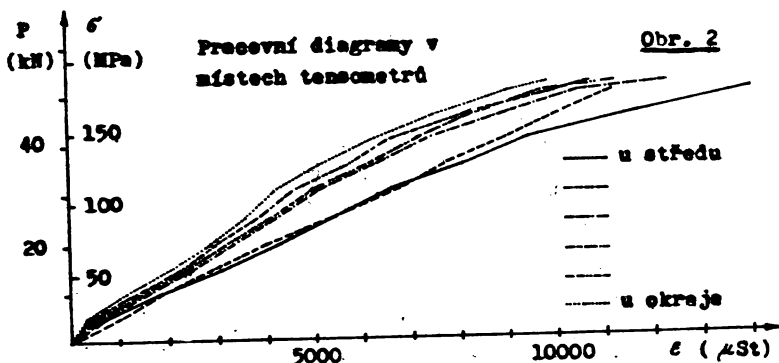
Po upevnění pásu do závěsných přípravků se doprostřed pásu vyvrtal otvor ϕ 1,4 mm, který se nařízl na obě strany lupenkovou pilkou a konce vrubu se pak zaostřily holicí žiletkou. Celková délka tohoto vrubu byla 10 mm.

Obrázek č.2 představuje ukázkovou závislost zatěžovací síly P i normálního napětí G na poměrných podélných deformacích ϵ , registrovaných na polovině šířky jednohokušebního pásu. Obrázek č. 3 znázorňuje vztah mezi rychlostí v šíření trhliny a poměrem K_{lc}/K_{lco} faktorů intenzity napětí, kde K_{lco} odpovídá průchodu trhliny tensometrem ležícím nejbližší u startovacího vrubu, hodnoty K_{lc} pak průchodem postupně dalšími tensometry směrem ke kraji pásu. Vyloučením rychlosti v pak byly získány diagramy pro závislost poměrů K_{lc}/K_{lco} na relativní délce trhliny c/a , kde a značí délku od středu k čelu počátečního vrubu (obr.4). V posledním obrázku č.5 jsou zakresleny zony plného bělení laminátu v oblasti porušení (tlustšími čarami) a zony částečného bělení poblíž (tenčími čarami), zjištěné na odzkoušených pásech.

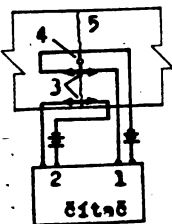
Diagramy rychlosti šíření trhlín na obr.3 svědčí o tom, že pro náběhovou fázi platí v širokém rozmezí a velmi malém rozptylem přímkové závislosti mezi logaritmem této rychlosti a poměrem faktorů intenzity napětí. Teprve se předposledními tensometry se začínají rychlosti trhlín podle podmínek zkoušky stabilizovat, neboť uvedené diagramy zde dostávají menší sklon. Pomalé šíření trhlín trvá poměrně dlouho a nepostupuje na obou stranách defektu stejnoměrně, avšak rychlé šíření pak skončí na obou krajích pásu v téže okamžiku. Závislosti poměrů faktorů intenzity napětí na relativních délkách trhliny mají jen malý rozptyl a jsou velmi plynulé a lineární v celém sledovaném rozsahu; lze je dobře aproximovat dvěma přímkami (pro fázi iniciace a pro

fázi šíření trhliny - viz obr.4). Z vykreslených son úplného a částečného narušení struktury laminátu v oblasti trhliny (obr.5) lze pouze soudit na pulsační postup trhliny, kdy se opakovaně v důsledku příliš velkého výdaje energie na souběžný rozvoj strukturních trhlinek hlavní trhlina vždy částečně zabrzdí, tím se zvýší přebytek potenciální energie u čela trhliny a postup trhliny se pak opět zrychlí.

Deformační chování laminátových pásů v oslabeném průřezu je patrné z obr.2 a výsledky zde nelze pro omezený rozsah příspěvku podrobněji diskutovat. Předběžné zkoušky užších pásů ukázaly, že vrubový účinek se projeví až od určité velikosti defektu, kdy je alespoň jeden pramenec sklené výstuže zcela přerušen.



Obr. 3



- 1 - spínač čítače
- 2 - vypínač čítače
- 3 - nalepené drátky
- 4 - vrub
- 5 - trhlina

