EAN '94

32th Conference of Experimen al Stress Analysis
32. konference o experimentální analýze napětí
30. 5. - 2. 6. 1994 VŠST Liberec Czech Republic

COMPARISON OF COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL METHOD FOR EVALUATION OF CONTACT DEFORMATION IN THREE POINT BENDING TEST
POROVNANIE VÝPOČTOVÉHO A EXPERIMENTÁLNEHO POSTUPU URČENIA KONTAKTNEJ DEFORMÁCIE PRI TROJBODOVOM OHYBE

Peter Árebo, Vladimír Ivančo, Ladislav Pešek

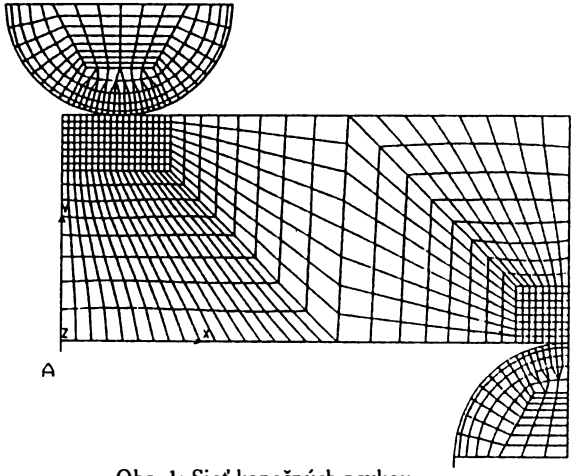
The local contact deformation in three point bending test were simulated by finite element method and compared with experimental results obtained on microalloyed steels with yield stress 535 and 700 MPa. Obtained results give a possibility to improve the accuracy of displacement measurement in fracture toughness tests.

1 Rozbor problematiky

Pri experimentálnom stanovovaní lomovej húževnatosti metódou J-integrálu podľa našich i zahraničných doporučení [1-4] je potrebné presne stanoviť prácu spotrebovanú na pružnú a plastickú deformáciu a na iniciáciu trhliny, prípadne na jej stabilný pomalý rast. Za tým účelom sa pri skúškach v trojbodovom ohybe meria závislosť sila - priehyb. Experimentálne jednoduché meranie priehybu z miesta mimo skúšobné teleso je však spojené s nepresnosťou, danou tým, že pri takomto usporiadaní sa do meranej hodnoty priehybu zahrnie aj deformácia otlačením v mieste kontaktu oporného valčeka a skúšobného telesa. Presnejšie meranie priamo zo skúšobného telesa môže mať tieto nevýhody:
- ak je meracie a snímacie zariadenie v priamom kontakte so skúšobným telesom, môže jeho prítomnosť ovplyvňovať presnosť snímaných hodnôt,
- nie vždy je možné použiť snímač priehybu bez veľkých komplikácií na meranie pri výrazne vyšších alebo nižších teplotách ako je teplota okolia.

Veľkosť kontaktnej deformácie je v porovnaní s meranými hodnotami pružného a pružneplastického priehybu nezanedbateľná a rádovo s nimi porovnateľná. Závisí od vlastností materiálu (spevňovacia krivka napätie - deformácia), veľkosti zaťaženia, geometrie a rozmerov skúšobného telesa. Možno ju stanoviť experimentálne porovnaním merania priehybu v dvoch miestach, medzi ktorými dochádza k otlačeniu. Tieto merania pre rôzne materiály a pre rôzne geometrie skúšobných telies predstavujú rozsiahly súbor experimentov. Pri raste zaťaženia sa po dosiahnutí medze sklzu začína materiál nelineárne spevňovať, riešenie samotného kontaktu predstavuje taktiež nelineárny problém.

V tomto príspevku chceme ukázať možnosti a výsledky riešenia problému stanovenia veľkosti kontaktnej deformácie porovnaním výpočtu metódou konečných prvkov (MKP) s experimentálnym meraním.



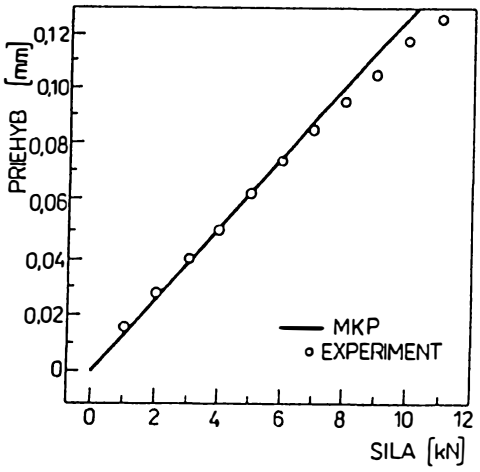
Obr. 1: Sieť konečných prvkov

2 EXPERIMENTÁLNA METODIKA

Experimenty sme robili na dvoch materiáloch s medzou sklzu R_e = 535 a 700 MPa. Použili sme skúšobné telesá na trojbodový ohyb, bez vrubu, rozmerov 8 × 20 × 100 mm, vzdialenosť medzi podperami 80 mm. Skúšky sa robili na trhacom stroji ZWICK 1387. Deformácia skúšobného telesa - priehyb sa snímal dvojakým spôsobom:
1. medzi stredom pevného a stredom pohyblivého (zaťažujúceho) oporného valčeka.
2. na skúšobnom telese boli v blízkosti miest dotyku oporných valčekov upevnené kolíky slúžiace na upevnenie snímača deformácie. Takto sa pri meraní zosnímal iba priehyb samotnej vzorky bez deformácie otlačením.
Snímač deformácie bol v oboch prípadoch sponový "clip gage" osadený tenzometrami HBM, s overenou linearitou v meranom rozsahu a s 250 násobným zväčšením meraného signálu registrovaného na súradnicovom zapisovači. Merania sme robili iba do zaťaženia, pri ktorom na vrubovaných skúšobných telesách s trhlinou dochádza k jej rozbehu, t. j. asi do sily 10 kN.

3 NUMERICKÉ RIEŠENIE

Pre vykonanie výpočtov bol použitý programový systém COSMOS/M verzie 1.70 [6]. Vzorka a oporné valce boli modelované pomocou osemuzlových izoparametrických prvkov PLANE2D s uvažovaním rovinnej napätosti.
Sieť konečných prvkov je znázornená na obr. 1. Obsahuje celkove 909 prvkov, rozmery a tvar ktorých sú usporiadané tak, aby v miestach očakávaných plastických deformácií bola sieť dostatočne jemná. Pre modelovanie kontaktu medzi vzorkou a opornými valčekmi boli použité jednouzlové kontaktné prvky typu GAP [5].
So zreteľom na symetriu stačilo riešiť len polovicu modelu, ako je znázornené na obr. 1.
Materiál oporných valčekov sme uvažovali lineárne pružný s modulom pružnosti $E = 2,1.10^5$ MPa. Vzorka bola modelovaná ako elastoplastický materiál, pričom závislosť napätia na deformácii bola popísaná reálnou krivkou získanou z ťahovej skúšky .

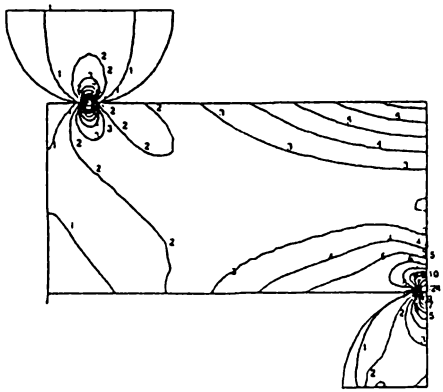


Obr. 2: Relatívne posunutia

Popísaný výpočtový model predstavuje určitý kompromis medzi požiadavkami na presnosť a nárokmi na strojový čas. Bol riešený aj model s dvojnásobným počtom prvkov. Toto zjemnenie siete vedúce k extrémnym nárokom na strojový čas, neprinieslo podstatné spresnenie výsledkov.

4 Diskusia výsledkov, závery

Výsledkom experimentu i numerického riešenia bola závislosť medzi zaťažujúcou silou a priehybom pre obidve usporiadania snímača priehybu. Na obr. 2. je táto závislosť pre relatívne posunutia medzi kolíkmi na upevnenie snímača priehybu.
Analogické závislosti boli určené aj pre prípad snímania priehybu zo stredov oporných valčekov.
Výhodou numerického riešenia je aj informácia o rozložení napätí a deformácií vo vzorke. Pole napätí pri sile 10 kN je na obr. 3, kde izolínie zodpovedajú úrovniam efektívneho napätia odstupňovaného po 50 MPa. Porovnaním s medzou sklzu $R_e = 535$ MPa vyplýva, že k plastickým deformáciám dochádza len v malej oblasti lokalizovanej v mieste kontaktu.
Presnosť numerického riešenia je ovplyvnená presnosťou vstupných údajov - modul pružnosti, Poissonovo číslo. Nebol zistený vplyv rozptylu spevňovacích kriviek na výsledné numerické riešenie.
Porovnanie numerického a experimentálneho riešenia problému stanovenia veľkosti kontaktnej deformácie pri skúške v trojbodovom ohybe ukázalo, že riešením MKP možno veľkosť kontaktnej deformácie určiť s dostatočnou presnosťou. Meraním priehybu na oporných valčekoch a eliminovaním kontaktnej deformácie určenej MKP môžme tak získať dostatočne presné hodnoty priehybu.
Získané výsledky naznačujú možnosť spresnenia výpočtov predovčetkým spresnením vstupných veličín, najmä modulu pružnosti a Poissonovho čísla.



Obr. 3: Efektívne napätia

Literatúra

[1] ASTM E 813-81, ASTM E 813-87

[2] ESIS P1-92, ESIS P2-92

[3] DVM 002

[4] ČSN 420347

[5] Mottershead,J.E.:Finite Element Analysis of Contact and Friction, Glasgow, NAFEMS, 1993

[6] Ali,H.E.M, Traina,I.M..:COSMOS/M User Guide, Structural Research and Analysis Corporation, 1993

Peter Årebo, MSc, Universiteiet Linköping, Švédsko, hosťujúci vedecký pracovník TU Košice
Doc. Ing. Vladimír Ivančo, CSc, Katedra technickej mechaniky a pružnosti, Strojnícka fakulta TU Košice Tel: 095-35312, Fax: 095 34738
Doc. Ing. Ladislav Pešek, CSc, Katedra náuky o materiáloch, Hutnícka fakulta TU Košice Tel: 095-33549, Fax: 095-37048
Letná 9, 04 002 Košice