

ASOCIACE STROJNÍCH INŽENÝRŮ



ECFT17

Multilevel Approach to Fracture of Materials, Components and Structures

General chairmen: Jaroslav Pokluda and Petr Lukáš

<http://ecf17.fme.vutbr.cz>



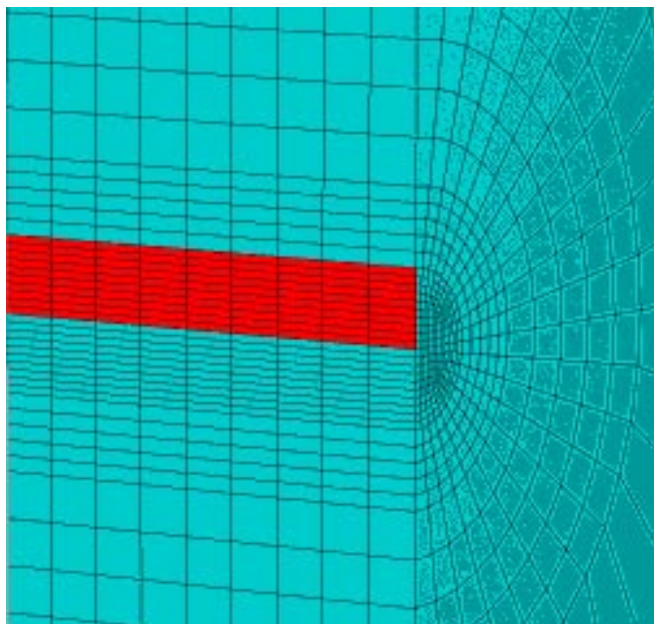
European Structural Integrity Society



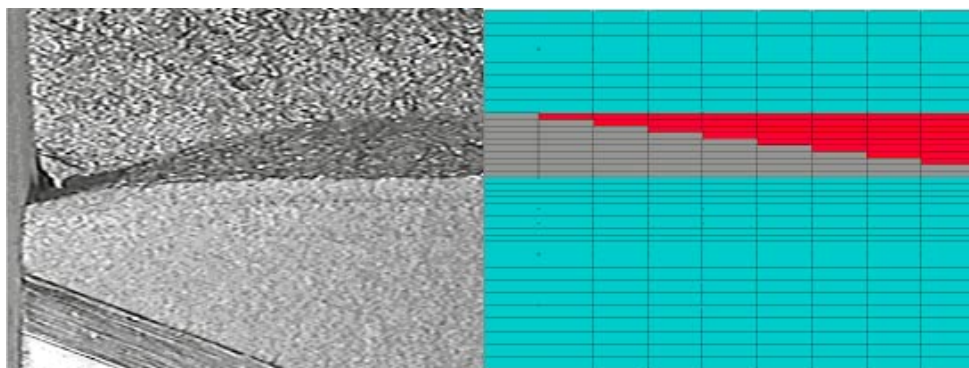
BRNO
IX 2 - 3
CZECH REPUBLIC

Bulletin Asociace strojních inženýrů vydává pro své členy
Adresa: ASI, Technická 4, 166 07, Praha 6

Obrazová příloha k článku - Použití kohezních prvků pro modelování šíření trhliny



Obr.6: Detail čela trhliny s označenými kohezními prvky



Obr. 7 Porovnání lomové plochy: fotografie z experimentu (vlevo),
rekonstrukce z MKP (vpravo)

Člověk je jako provázek. Lépe se táhne pochvalami, než tlačí kritikou.

Lidové noviny 2006

OBSAH

<i>Ivo Dlouhý</i>	
Aktivity ASI klubu ESIS	5
Status české pobočky Evropské společnosti pro integritu konstrukcí – ESIS CZ	6
Příhláška ESIS 2006	8
Multilevel approach to fracture of materials, components and structures	9
<i>Prof. RNDr. Jaroslav Pokluda, CSc.</i>	
Únavové trhliny	11
<i>Ivo Dlouhý, Hynek Hadraba a Josef Zbořil</i>	
Lokální mechanické vlastnosti svarového spoje perlitické a bainitické kolejnicové oceli	15
<i>Kozák V., Chlup Z., Dlouhý I.</i>	
Použití kohezních prvků pro modelování šíření trhliny	20
<i>Ivan Krásný, Ladislav Horváth</i>	
Příklady poruch strojů a jejich částí	24
ZPRÁVY Z ČINNOSTI ASI	
Jihomoravské inovační centrum je na špici v podpoře inovací	28
Výročí 520 let brněnského knihtisku	29
ASME konference TURBO EXPO 2006	32

SPOLEČENSKÁ KRONIKA ČLENŮ ASI

Ing. Jan HAVELKA, předseda Senátu ASI oslavil své 70tiny	33
K osmdesátinám Ing. Josefa Bráblíka,CSc.	34
K osmdesátinám Ing. Jiřího Šafáře, CSc.....	34

Redakční rada

Pro toto číslo dodal hlavní náplň klub ESIS Brno

Aktivity ASI klubu ESIS

Ivo Dlouhý.

Hlavní činnost klubu je orientována na koordinaci platících členů ve strukturách a aktivitách ESIS (**European Structural Integrity Society**). Propojení aktivit ESIS s Asociací strojních inženýrů se od počátku jeví jako velmi účelné. Umožnilo nenásilným způsobem vybudovat stabilní strukturu **ESIS - CZ**, která v závislosti na celoevropském vývoji bude postupně institucionalizována (zřejmě podobně jako americká ASME) nebo zůstane na dobrovolné bázi. V prvním případě se dá uvažovat o osamostatnění pobočky ASI klub ESIS (to je dlouhodobý požadavek řídicího výboru a evropského sekretariátu ESIS), ve druhém případě je výhodnější zůstat v lůně profesně blízké ASI (při malém počtu členů není účelné zřizovat samostatnou organizaci). Zřízení ESIS CZ umožnilo ponechat 2/3 členských příspěvků ESIS v ČR a ucházet se o právo aktivní účasti na významnějších aktivitách, zejména konferencích, pořádaných pod záštitou ESIS.

V současnosti má klub 19 členů (z toho 9 je z Ústavu fyziky materiálů AVČR v Brně). Díky profesní příbuznosti jsou členové ve velmi častém kontaktu, jako organizace se ASI klub ESIS schází minimálně jednou ročně. Formálně je ASI klub ESIS řízen tříčlenným sekretariátem:

Předseda ASI klubu ESIS **Jaroslav Pokluda** z FSI VUT Brno současně zastupuje české členy ESIS v řídicím výboru ESIS s právem hlasovacím.

Sekretář **Ivo Dlouhý** z ÚFM AVČR Brno koordinuje činnost členů ASI klubu ESIS, jednak ve vztahu k evropským strukturám ESIS a jednak ve vztahu k ASI. Současně se podílí na postupném budování české pobočky ESIS. Má právo se zúčastňovat řídicího výboru ESIS bez hlasovacího práva.

Hospodář **Vladislav Kozák** z ÚFM AVČR Brno zabezpečuje výběr členských příspěvků, hospodaření s prostředky ASI klubu a odvod členských příspěvků sekretariátu ESIS.

Sídlem pobočky je ÚFM AVČR Brno. Základní informace o činnosti jsou průběžně aktualizovány na české stránce <http://esis.ipm.cz/>,

kde lze rovněž stáhnout přihlášku ke členství v ESIS (obnovuje se každoročně), najít kontakty na české členy, příp. na evropský sekretariát. Činnost ASI klubu ESIS se řídí samostatným statutem, který byl nezbytný pro zabezpečení průniku Stanov ASI a statusu ESIS.

Každoročně, většinou během dubna, jsou přihlášky rozesílány na klíčová pracoviště oboru. Členské příspěvky ESIS činí 30 EUR, příspěvky českých členů jsou 1000 Kč a sdružují se na účtu ASI klubu ESIS uvedeném v přihlášce, jednou ročně je pak 1/3 vybraných příspěvků zasílána evropskému sekretariátu ESIS a příslušný odvod také na účet Asociace strojních inženýrů. I nadále je vítáno posílení členské základny pobočky, což zejména s ohledem na výši členského příspěvku ESIS (30 EUR) a neochotu některých institucí jej zaplatit není jednoduché (členství v této profesní organizaci by mělo být možno zaplatit z institucionálních prostředků).

Mezi hlavní aktivity **českých členů ESIS** patří mj. aktivní práce v technických výborech, účast na konferencích a pracovních monotematických seminářích pod záštitou ESIS, příprava společných přihlášek projektů, podíl na přípravě metodických dokumentů a doporučení.

Aktivní práce v **technických výborech ESIS**. Z klíčových výborů má ČR zastoupení např. ve výboru TC1 pro Elasto-plastickou lomovou mechaniku (I. Dlouhý, V. Kozák), TC2 zabývající se mikromechanismy (J. Pokluda, I. Dlouhý), TC5 pro lom při dynamickém zatěžování (I. Dlouhý), TC6 – keramiky (Z. Chlup), TC8 – modelování poškození (V. Kozák), TC12 – statistické modely a aspekty lomu (I. Dlouhý). Účast na jednání výborů je financována z vlastních projektů a institucionálních prostředků příslušných členů. Smyslem úsilí pobočky je zvýšení zastoupení českých odborníků v dalších komisích, příp. řešit dlouhodobě otázkou finančních zdrojů na zabezpečení účasti na schůzkách výborů. Atmosféra na jednání výborů je velmi dělná, přátelská a většinou velmi produktivní.

Podíl na přípravě **metodických pokynů a přednormativní činnosti**. Je organizována zmíněnými výbory nebo interdisciplinárně (např. výbory). Tzv. „Doporučení ESIS“ lze používat jako oborové normy, řada zemí a laboratorů je ve své činnosti využívá, jsou většinou důkladněji propracovány než normy. Typickým příkladem je doporučení na provedení instrumentovaných zkoušek rázem v ohybu, jehož „20. verze“ byla zpřesňována na jednání TC5 ESIS v Brně v dubnu 2006 apod. Podobný materiál byl před nedávnem schválen jako norma ISO téměř bez připomínek.

Příprava účasti na konferencích organizovaných řídicím výborem ESIS a národními pobočkami (např. **Evropská lomová konference** - ECF 16 v Alexandroupolis, 2006 nebo konference **Crack Path** v Parmě, 2006). Detaily k těmto významným aktivitám lze nalézt na webovských stránkách.

Řídicí výbor ESIS, momentálně vedený Albertem Carpinterim a italským sekretariátem, usiluje o institucionalizaci této evropské společnosti, tj. o uznání společnosti jako **nadnárodní profesní instituce**. To by v budoucnu mohlo přinést finanční příspěvek na činnost z evropských fondů.

Celkový tématický záběr společnosti a aktivity jsou zřejmé z webovské stránky <http://www.esisweb.org/>, případně z Bulletinu ESIS vydávaného 1-2x do roka.

ESIS vydává Bulletin s informacemi o činnostech technických výborů, významných konferencích a dalších aktivitách. Obsahuje rovněž vyzvané články zaměřené většinou do oblasti hodnocení lomového chování materiálu a jeho popisu na různých úrovních přístupu. Bulletin mají k dispozici všichni platící členové ESIS.

Na jednání řídicího výboru ESIS v r. 2005 bylo rozhodnuto o organizování Evropské lomové konference ECF 17 v r. 2008 v Brně. Konference bude garantována dvěma členy ASI klubu ESIS Jaroslavem Pokludou a Petrem Lukášem. Spolupředsedy organizačního výboru jsou Ivo Dlouhý a Pavel Šandera. Přípravný výbor v tomto složení již zahájil činnost. Aktuální informace o konferenci jsou a budou až do konference zveřejňovány na <http://ecf17.fme.vutbr.cz/>. Základní informace o konferenci jsou zveřejněny rovněž v tomto bulletinu (v angličtině) v samostatném příspěvku. Akce se stane jednou z hlavních činností pobočky ASI klubu ESIS v r. 2006 až 2008, k účasti na přípravě a vlastním průběhu jsou přirozeně vítáni i odborníci mimo ESIS CZ.

Status české pobočky Evropské společnosti pro integritu konstrukcí– ESIS CZ

Článek 1. Obecné charakteristiky

1.1. Název pobočky

Česká pobočka ESIS byla zřízena jako klub Asociace strojních inženýrů, zkráceně “ASI klub ESIS”. V mezinárodním kontaktu pobočka vystupuje pod zkratkou ESIS – CZ.

1.2. Status pobočky

ESIS-CZ je profesní neziskovou organizací, která sdružuje platné členy Evropské společnosti pro integritu konstrukcí (ESIS). S ohledem na věcnou návaznost a překrývání zájmů s Českou Asociací strojních inženýrů vyvíjí činnost jako samostatný ASI klub ESIS.

Cílem pobočky je koordinovat odbornou

činnost českých členů ESIS a jejich aktivity ve strukturách ESIS a ASI.

1.3. Účinnost stanov ASI

ESIS - CZ (ASI klub ESIS) se ve své činnosti opírá o Stanovy Asociace strojních inženýrů, využívá výhod členství a plní kolektivní povinnosti pobočky (viz příloha).

1.4. Účinnost statusu ESIS

ESIS CZ (ASI klub ESIS) se v plném rozsahu řídí Statusem Evropské společnosti pro integritu konstrukcí (viz příloha).

Článek 2. Členství v pobočce a v ESIS

2.1. Členství v pobočce

Členství v pobočce je individuální. Členem ESIS – CZ může být jakýkoli tvůrčí pracovník pracující v oblasti zájmů specifikovaných statusem ESIS. Podmínkou členství je souhlas a dodržování stanov ASI a ESIS a zaplacení členského příspěvku. Členstvím v pobočce se člen stává automaticky členem ASI.

2.2. Členský příspěvek

Členský příspěvek je placen jednou ročně. Jeho výše je stanovována v souladu s potřebami ESIS a ASI na výročním shromáždění členů pobočky.

2.3. Výhody členství

Zprávy ESIS (bulletin ESIS) s komplexními informacemi o aktivitách ESIS v technických výborech, organizaci vlastních konferencí a přehledu o podobných aktivitách v oblasti zájmů.

Umožnění a podpora práce v technických výborech ESIS (TC ESIS), při organizaci ověřovacích experimentů (round robinů). Možnost participace na tvorbě procedur a standardů.

Snížené ceny časopisů a knih vydávaných v péči ESIS. Jeden z dokumentů ESIS ročně zdarma.

Aktivní účastníci konference ECF neplatí v roce jejího konání členský příspěvek v plné výši.

Na úhradu výdajů spojených s aktivitami ve strukturách ESIS bude v rámci rozpočtových možností poskytován finanční podpora podléhající schválení sekretariátem ESIS-CZ.

2.4. Vliv člena na činnost pobočky

Člen pobočky může navrhnout úpravu a rozšíření aktivit pobočky, nové členy pobočky ESIS a stejně tak doplnění statusu ESIS – CZ.

Článek 3. Vedení pobočky a sekretariát

3.1. Vedení pobočky

Činnost pobočky je formálně spravována tříčlenným sekretariátem zabezpečujícím návaznost na aktivity ESIS a ASI. Sekretariát je volen na výročních shromážděních členů ESIS – CZ.

Náplň práce členů sekretariátu jsou následující:

Předseda pobočky - koordinuje činnost pobočky, oficiálně zastupuje ČR v „Councilu ESIS“ a zodpovídá za styk mezi ESIS – CZ a výkonným výborem (Executive committee) ESIS.

Sekretář pobočky - koordinuje činnost sekretariátu a pobočky, je členem „Councilu ESIS“ bez hlasovacího práva, zodpovídá za styk mezi ESIS – CZ a sekretariátem ESIS.

Hospodář pobočky - koordinuje všechny finanční operace pobočky včetně správy členských příspěvků

3.2. Volby sekretariátu

Sekretariát je volen na výročních shromážděních členů pobočky nebo korespondenční formou ve dvouletém intervalu, zpravidla před konferencí ECF.

3.3. Sídlo sekretariátu

Sídlo sekretariátu je v Ústavu fyziky materiálů AVČR, Žižkova 22, Brno. Účet pobočky je veden u ČSOB, název účtu „ASI klub ESIS“.

3.4. Schůzky členů pobočky

Členové pobočky se scházejí v odborných záležitostech dle potřeby, minimálně jednou ročně na výročních shromážděních. Podmínkou přijetí zásadních rozhodnutí včetně úprav tohoto statusu je přítomnost nadpoloviční většiny členů pobočky.

3.5. Nakládání s finančními prostředky

Finanční prostředky pobočky budou použity výhradně na podporu aktivit členů pobočky v technických výborech, organizací konferencí a seminářů a konče na konferencích ESIS. Pobočka se může finančně podílet na organizaci vlastních aktivit, aktivit jiných institucí v podobě sponzorského příspěvku.

Prostředky budou uvolňovány v závislosti na jejich výši. V případě omezené výše prostředků budou upřednostňováni mladí členové pobočky.

Článek 4. Odborná práce členů pobočky

4.1. Realizace cílů ESIS

Členové pobočky přispívají aktivně k naplňování profesních cílů ESIS (specifikovaných zejm. článkem I.4. Statutu ESIS). Za tímto účelem se zapojují do aktivit ESIS počínaje prací v technických výborech, konče účastí

na konferencích ECF. Vzájemně se o těchto aktivitách informují a podporují zapojování dalších zájemců o tuto činnost. Pobočka a její členové mohou samostatně organizovat odborné akce.

Schváleno na výročním shromáždění pobočky ESIS – CZ dne 11.11.2004

Přihláška ESIS 2006

2006

Membership Application Form

1ST JANUARY 2006 to 31ST DECEMBER 2006

All members will be registered as Individual Members and will receive the ESIS Newsletter.

Membership Fees should be paid by Bank Transfer to the value of €30 (Euros).

Please put a cross (X) in the appropriate box(es):

Register me as an ESIS member for the year 2006 and send the ESIS Newsletters to the address stated below (in BLOCK CAPITALS please).

Payment details.

Since the membership fee is exceedingly cheap, PLEASE REGARD THIS FORM AS AN OFFICIAL INVOICE, noting that on receipt of your payment you can receive an official receipt plus your ESIS 2006 membership number.

I pay my membership 1000,- CZK at "ASI Klub ESIS", Brno, Czech Republic by bank transfer to ČSOB, account name: A.S.I. – Asociace strojních inženýrů, account number: 203875413 / 0300, IBAN: CZ19 0300 0000 0002 0387 5413, var. symbol: _____ (Your identification number).

OR

Other, please contact us for details.

Surname: _____ Initials: _____ Title(s): _____

Affiliation: _____

Address: _____

e-mail: _____ Tel No: _____

Fax No: _____

Signature: _____

Date: _____

For ESIS records purposes please give the numbers of the ESIS Technical Committees in which you are most interested (<http://www.esisweb.org>).

Technical Committee(s): _____

Please return this form to:

ESIS Secretariat - ASI klub ESIS
Doc. Ing. I. Dlouhý, CSc.
Ústav fyziky materiálů AVČR
Žitkova 22
616 62 Brno

MULTILEVEL APPROACH TO FRACTURE OF MATERIALS, COMPONENTS AND STRUCTURES

European Conference on Fracture ECF 17

will be held in Brno, Czech Republic on September 2 - 5, 2008

under supervision of:

**Faculty of Mechanical Engineering,
Brno University of Technology
Institute of Physics of Materials,
Academy of Sciences of the Czech Republic
Czech group of ESIS**



RESPONSIBILITY

General Chairmen: Jaroslav POKLUDA, Brno University of Technology and Petr LUKÁŠ, Institute of Physics of Materials

Steering Committee Co-chairmen: Pavel Šandera, Brno University of Technology and Ivo Dlouhý, Institute of Physics of Materials

SCOPE

This conference will be already the seventeenth in a series of conferences held every two years on the subject of fracture. As the preceding meetings, the ECF17 will focus on all aspects of fracture of engineering materials, components and structures. A special emphasis will be given to a multiscale investigation of damage processes on atomistic, mesoscopic and macroscopic levels. Thus, the conference topics will focus on the following fields:

Different level of approaches to fracture analyses: fracture at atomistic and molecular

scales, mesomechanics, micromechanics and micromechanisms of fracture, linear and non-linear fracture mechanics etc.

Physical aspects of fracture: brittle fracture, ductile fracture, fatigue, fretting fatigue, mixed mode fractures, creep, temperature and environmental effects, strain rate effects etc.

Advanced engineering materials in the service: metals, ceramics, polymers and their composites, smart materials and structures, biomaterials, nanostructured materials, etc.

Structure and component integrity topics: probabilistic approaches to fracture, reliability and life of components and structures, failure analysis and case studies, scaling and size effects, damage mechanics etc.

The conference will comprise invited lectures together with contributed oral and poster presentations covering the above mentioned topics.

LOCATION

ECF17 will be held at the Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology, Technická 2, Brno, Czech Republic.

VENUE

Brno is located in the gravity-center of the European continent. Brno is the second largest city in the country (nearly 400 000 inhabitants). It is the centre of the province of Moravia, one of the historic lands of the Czech Crown. Brno is situated in a picturesque countryside (190 - 425 m above sea level), surrounded on three sides by wooded hills and opening to the Southern Moravian lowlands. Geographically, Brno is part of the Danube Basin and has many historical ties to the Austrian capital Vienna, which lies a mere 110 km to the south. Brno enjoys a very pleasant, moderate climate, ideal for recreation and everyday living.

LANGUAGE

English must be used for abstracts, papers and presentations.

PRE-REGISTRATION

On-line Internet preregistration form (<http://ecf17.fme.vutbr.cz/prereg/>) will be available from August 1, 2006 to November 30, 2007.

SHORT ABSTRACTS

A short abstract containing max 200 words (plain text) is a part of the pre-registration form. It should serve for the decision of an acceptance of the contribution. Authors will be notified of the acceptance of their abstracts and presentations in January 2008.

PUBLICATIONS AND PROCEEDINGS

Abstract booklet containing one-page abstracts will be available at the conference time simultaneously with a CD containing full papers. Instructions for authors will be sent together with the 2nd Announcement. Special issues of the scientific journals „Engineering Fracture Mechanics“, „Engineering Failure Analysis“ and „International Journal of Fatigue“ devoted to the ECF17 will appear during the year 2009. Papers for these issues (based on the conference full papers) will be selected by section chairmen and conference chairmen. The papers undergo a standard review procedure.

POST-CONFERENCE SYMPOSIUM IN PRAGUE

ECF17 continues in Prague for those participants (and accompanying persons) who would attend the symposium on Environmental Damage of Historical Buildings, specially organized in collaboration with the Czech Technical University in Prague on Saturday, September 6. A guided tour throughout old Prague will be a part of that symposium.

CONFERENCE FEE

The fee of 450 € will cover the conference proceedings, organisation expenses and selected social events. PhD students will pay a reduced fee.

CONFERENCE WEB SITE

The topical information can be found on the Internet address <http://ecf17.fme.vutbr.cz>. This web site will be updated regularly with more detailed information about all aspects of the conference.

FIRST CIRCULAR AND CALL FOR PAPERS

The 1st Circular will be distributed in March 2007.

PERTINENT DATES

- Pre-registration - September 30, 2007
- Submission of short abstracts - September 30, 2007
- Notification of acceptance - December 15, 2007
- Second circular - February 29, 2008
- Early bird registration and conference fee - April 30, 2008
- Submission of full papers and one-page abstracts - May 31, 2008

CONTACT ADDRESS:

ECF-17 Secretariat, Technická 2, CZ-61669 Brno, Czech Republic

e-mail: ecf17@fme.vutbr.cz; please use ECF17 in subject

fax: (+420) 541 142 842



Únavové trhliny

Prof. RNDr. Jaroslav Pokluda, CSc.
Ústav fyzikálního inženýrství, FSI VUT v Brně

1. Úvod

Únavový proces je nejčastější materiálovou příčinou selhání strojních konstrukcí. Tento proces lze z mechanistického hlediska chápat jako posloupnost několika stádií poškození - změny mechanických vlastností, iniciace trhlin a šíření trhlin (stabilní a nestabilní) [1]. Uvedené základní dělení je možno podle současných znalostí dále diferencovat, což vyplývá i z obsahu tohoto pojednání. Jednotlivá stadia však nemají ostré hranice a mohou navíc probíhat různě dlouho a v různé podobě na povrchu, v objemu i v jednotlivých strukturních elementech. Hlavním cílem tohoto článku je stručně podat interpretaci procesů šíření a zastavování únavových trhlin a ukázat možnosti jejich matematického popisu. Jako základního popisného aparátu použít jednoparametrovou lineárně elastickou lomovou mechaniku (LELM) a soustředíme se na kovové materiály. Zde je hlavním únavovým poškozovacím mikromechanismem nevratná plastická deformace, uskutečňovaná dislokačním skluzem. Z tohoto důvodu platí v těchto materiálech obecné kvalitativní pravidlo: vyšší rozsah cyklické plastické deformace na čele trhliny (cyklická plastická zóna) vede k rychlejšímu stabilnímu růstu únavových trhlin. V moderních konstrukčních keramických materiálech s vyšší houževnatostí lze sice rovněž detekovat stabilní šíření trhlin, toto stadium je však relativně velmi krátké a poškozovací mechanismy mohou být různého druhu [2].

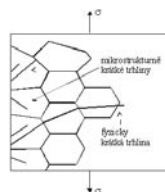
2. Krátké trhliny

Mikrotrhliny vznikají zpravidla na povrchu v místech maximální skluzové aktivity podporované vrubovým účinkem. V posledních letech je preferován model, založený na prorůstání intruzí do vnitřku materiálu v jedné skluzové rovině za asistence atmosférické koroze [2,3]. Hustota krátkých trhlin je relativně malá při zatěžování v okolí meze únavy, v oblasti přechodu mezi nízkocyklovou a vysokocyklovou únavou ($N_f \approx 10^5$) však rychle roste. Krátké

trhliny lze dále dělit na mikrostrukturně krátké a fyzicky krátké (přechodové). Šíření mikrostrukturně krátkých trhlin se děje dislokačními skluzovými mechanismy v krystalografických skluzových systémech, např. $\langle 110 \rangle \{111\}$ v fcc kovech a $\langle 111 \rangle \{110\}$ resp. $\langle 110 \rangle \{112\}$ v bcc kovech, přednostně v největších povrchových zrnech s nejvýhodnější orientací skluzového systému vzhledem k podmínce maximálního smykového (u fcc kovů přesněji skluzového) napětí [4]. Postup trhlin je limitován různě „silnými“ strukturními bariérami, nejčastěji hranicemi zrn a mezifázovými hranicemi, které mohou způsobit úplné zastavení jejich růstu. Při šíření krátkých trhlin nejsou splněny podmínky malé plastické deformace ani rovinné deformace, na čele trhliny se výrazně uplatňuje smykový deformační mód II a může se výrazně měnit hodnota T-napětí. K popisu jejího šíření tedy nelze využít aparátu LELM v reprezentaci otevíracího módu I. Maximální délka mikrostrukturně krátké trhliny je řádově srovnatelná se střední vzdáleností nejsilnějších strukturních bariér d (tzv. mikrostrukturní rozměr). Poněvadž můžeme předpokládat monotónní závislost mezi objemovou (makroskopickou) a lokální (mikroskopickou) plastickou deformační, platí pro rychlost šíření kolem meze únavy empirická relace [2]

$$v = da/dn = A\Delta\epsilon^n (d - a)^{\delta_2} \quad (1)$$

kde $\Delta\epsilon$ je rozkmit střední objemové deformace, a je délka trhliny, n je počet zátěžných cyklů a A, δ_1, δ_2 jsou materiálové konstanty závislé na způsobu zatěžování ($\delta_2 \leq 1$).



Obr. 1: Schéma šíření mikrostrukturně a fyzicky krátkých trhlin v polykrystalickém materiálu

Při hodnotách rozkmitu deformace (resp. napětí) nad mezí únavy mohou nejhodněji orientované a situované mikrostrukturně krátké trhliny překonat strukturální bariéry. Po průchodu nejsilnějších překážek se trhlina začíná stávat fyzicky krátkou. Tato trhlina se spojitě odklání do směru kolmého na maximální hlavní napětí a vliv struktury na její šíření slábne - viz obr. 1. V případě jednoosého namáhání lze rychlost šíření fyzicky krátké trhliny popsat vztahem [2,5]

$$v = B \Delta \epsilon^{\delta_3} a - C \quad (2)$$

kde B, C, δ_3 jsou materiálové konstanty závislé na způsobu zatěžování. Konstanta C představuje prahovou hodnotu rychlosti šíření přechodové trhliny. Pro případ víceosého (multiaxiálního) zatěžování lze vztahy (1) a (2) modifikovat zahrnutím ekvivalentní jednoosé deformace ϵ_{ekv} , která nahrazuje multiaxiální deformační stav [5].

Z rov. (1) plyne $v = 0$ pro $a = d$ a na mezi únavy se tedy mikrostrukturně krátké trhliny zastavují u nejsilnějších bariér. Mez únavy tedy souvisí s prahovými hodnotami šíření (resp. zastavování) krátkých trhlín. K zastavení šířící se krátké trhliny může ovšem dojít i poklesem původně aplikovaného rozkmitu deformace (resp. napětí) pod prahovou úroveň. Efekt zavírání trhliny, který se může významně uplatňovat při zastavování dlouhých trhlín při namáhání s časově proměnnou amplitudou (viz dále), je při šíření mikrostrukturně krátkých trhlín zanedbatelný. Je tedy možno konstatovat, že vliv historie zatěžování je při šíření krátkých trhlín poměrně malý.

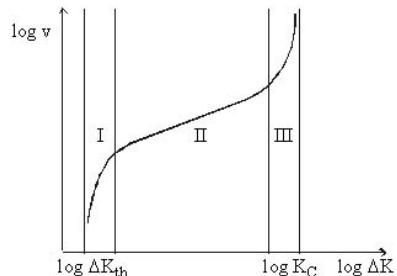
3. Dlouhé trhliny

Od délky řádově desetinásobku střední velikosti mikrostrukturního rozměru (velikosti zrna, paketu nebo vzdálenosti částic sekundární fáze) se trhlina považuje za dlouhou a její růst přestává být závislý na krystalografické struktuře kovu. Velikost cyklické plastické zóny na jejím čele již totiž začíná obsahovat více zrn a jejich hranice tudíž přestávají být překážkou pro šíření střídavého dislokačního skluzu. V oblasti vysokocyklové únavy (VCÚ) se trhlina této velikosti postupně již stává magistralní a téměř veškeré únavové poško-

zení součástí nebo vzorku se koncentruje do plastické zóny na jejím čele. Taková trhlina již zcela podléhá zákonům LELM, které udávají maximální efektivní hnací sílu pro případ čistě otevíracího módu na jejím čele. I při víceosém únavovém namáhání je tedy trhlina stočena do směru kolmého na maximální hlavní napětí a její čelo je zatěžováno převážně v módu I.

Zvláště v případě VCÚ nepřilíhš tenkých těles lze dobře akceptovat popis rychlosti šíření dlouhých trhlín pomocí jednoparametrové LELM, tj. pomocí součinitele intenzity napětí K. Vychází se přitom z předpokladu, že trhlina se v různých tělesech chová stejně, jsou-li na jejím čele stejné hodnoty parametrů $\Delta K (= K_{max} - K_{min})$ a $K_{max} (= \Delta K / (1 - R))$, kde R je parametr asymetrie cyklu. Pro všechny kovové materiály platí schematická křivka na obr. 2. Závislost rychlosti šíření trhliny na ΔK lze rozdělit na tři části:

- I. - prahová oblast šíření ΔK_{th} (pro mívjvý cyklus $R = 0$ platí $\Delta K_{th} \leq \Delta K \ll K_c$),
- II. Parisovu-Erdoganovu oblast ($R = 0 \rightarrow \Delta K_{th} \ll \Delta K \ll K_c$),
- III. oblast v blízkosti nestabilního růstu ($R = 0 \rightarrow \Delta K_{th} \ll \Delta K \leq K_c$)



Obr.2 Schéma v-K křivky pro mívjvý zatěžování ($R = 0$).

Prahová hodnota ΔK_{th} (řádově jednotky $MPa m^{1/2}$) představuje mez, pod níž se dlouhé trhliny nešíří. Kritická hodnota K_c (tzv. cyklická lomová houževnatost) představuje hodnotu K_{max} v okamžiku, kdy šíření přechází v nestabilní (řádově desítky $MPa m^{1/2}$). Pro obecný popis rychlosti šíření se dnes se zpravidla používají vztahy, popisující všechny oblasti I+II+III včetně vlivu parametru asymetrie R.

Jako příklad uveďme šestiparametrický vztah [6]

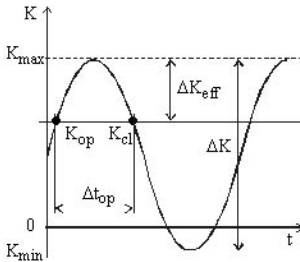
$$v = D_1 K_c^m \left[\frac{\Delta K}{(1-R)^\kappa} \right]^{m-p} \left[\frac{\Delta K (1-R)^{-\kappa}}{K_c^* - [\Delta K (1-R)^{-1}]^p} - \Delta K_{\#0}^p \right] \quad (3)$$

nebo jednodušší [7]

$$v = D_2 \frac{\Delta K^p - (1-R)^m \Delta K_{\#0}^p}{(1-R) K_c - \Delta K} \quad (4)$$

kde D_1, D_2, m a p jsou materiálové konstanty a $\Delta K_{\#0}$ je prahová hodnota pro $R = 0$.

Na počátku 70. let bylo zjištěno, že dlouhá únavová trhlina zůstává zavřena nejen po dobu tlakové fáze zátěžného cyklu, nýbrž částečně i v jeho tahové fázi. Jako ostrý koncentrátor napětí se projevuje jen v části cyklu, kdy je otevřena a příslušná efektivní hodnota rozkmitu součinitele intenzity napětí ΔK_{eff} může být podstatně menší než aplikovaná hodnota ΔK (obr. 3). Ve shora uvedených rovnicích pro popis šíření je tedy vhodné nahradit hodnotu ΔK hodnotou ΔK_{eff} . Hodnotu K-faktoru při otevření trhliny označujeme K_{op} a hodnotu při zavření K_{cl} . Obě tyto hodnoty lze v prvním přiblížení považovat za stejné ($K_{\text{op}} \gg K_{\text{cl}}$). Zavírání trhliny v kovových materiálech je způsobeno třemi základními procesy, které působení převážně na lících za čelem únavové trhliny: a) vznikem plastického klínu za čelem – tzv. plasticky indukované zavírání (PIC), b) drsností lomových ploch – tzv. drsnostně indukované zavírání (RIC) a c) oxidickými mikročasticemi na lomových plochách – tzv. oxidicky indukované zavírání (OIC) [2,3].



Obr. 3 Schematické znázornění zavírání trhliny v diagramu $K-t$. Trhlina je otevřena pouze v časovém intervalu Δt_{top} .

Pro matematický popis zavíracího efektu se užívá tzv. zavírací poměr $C_{cl} = K_{\text{op}} / K_{\text{max}}$ (součet jednotlivých poměrů pro PIC, RIC a OIC), který určuje celkovou relativní úroveň zavírání. Tento poměr závisí zejména na napětově-deformačním stavu na čele trhliny (maximum poměru PIC při rovinné napjatosti, minimum při rovinné deformaci), na plošné drsnosti R_s a její standardní deviaci (složka RIC roste s růstem obou veličin), na tzv. rozměrovém poměru $S_{\text{Rm}} = d_m / r_{\text{pc}}$ mezi středním mikrostrukturálním parametrem a velikostí statické plastické zóny (složka RIC roste s rostoucím S_{Rm}) a na velikosti oxidických částic (složka OIC roste s jejím růstem) [8, 9]. Z obr. 3 je zřejmé, že pokud platí nerovnost $K_{\text{op}} \leq K_{\text{min}}$, zůstává trhlina otevřena po celou dobu zátěžného cyklu a tudíž $\Delta K = \Delta K_{\text{eff}}$. Tento případ však obvykle nastává až pro pulsující zatěžování s $R > 0,6$. Dá se ukázat [10, 11], že zanedbáme-li vliv OIC, efektivní součinitel intenzity napětí lze vyjádřit ve tvaru,

$$\Delta K_{\text{eff}} = K_{\text{max}} - K_{\text{cl}} = \left(1 - \frac{K_{\text{cl}}}{K_{\text{max}}} \right) K_{\text{max}} = \left(1 - \frac{K_{\text{cl}}}{K_{\text{max}}} \right) \frac{\Delta K}{1-R} \quad (5)$$

kde

$$\frac{K_{\text{cl}}}{K_{\text{max}}} \approx C \eta \sqrt{R_s^2 - 1} + \frac{3\eta (R_s - 1)}{\sqrt{6 + 3(R_s - 1)}} + 2C \quad (6)$$

První a druhý člen na pravé straně rov (6) vyjadřují dalekodosahovou a krátkodosahovou složku RIC a třetí člen je složka PIC. Statistický parametr roste s rostoucím S_{Rm} a $C \in < 0, 1; 0, 3 >$ je konstanta prakticky nezávislá na materiálu (hodnota 0.1 platí pro rovinnou deformaci a 0,3 pro rovinnou napjatost). Poněvadž $\eta \geq 0$ a $R_s > 1$, je $\text{ohm} < 1$ a tudíž $\Delta K_{\text{eff}} < \Delta K / (1-R) = K_{\text{max}}$. Tedy např. i při tahovém míjivém zatěžování ($R = 0$) platí $\Delta K_{\text{eff}} < \Delta K$ a trhlina je v určité fázi zátěžného cyklu uzavřena. Odtud lze dále vyvodit i příčinu experimentální zkušenosti, že rychlost šíření dlouhé trhliny při konstantním napětí $\Delta \sigma$ je nejvíce ovlivněna mikrostrukturou materiálu v prahové oblasti I a s rostoucí délkou trhliny (v oblastech II a III) tento vliv výrazně klesá. S rostoucí délkou trhliny roste velikost plastické zóny a klesá hodnota statistického parametru μ v rov. (6). To vede k poklesu obou drsnostně indukovaných členů, které jsou silně

strukturně závislé, a k výrazné převaze plasticity indukované komponenty, která je strukturně nezávislá. Příspěvky RIC vymizí v celém rozsahu stabilního šíření v nanomateriálech, kde platí $\eta \rightarrow 0$ [11], což vede k nízkým měřeným prahovým hodnotám ΔK_{th} .

Dlouhá trhlina se může šířit pouze pokud hnací síla trhliny vyjádřená ΔK_{eff} převyšuje inherentní prahovou hodnotu odporu proti šíření vyjádřenou hodnotou ΔK_{th} . Trhlina se tedy může zastavit principiálně ze dvou následujících důvodů (nebo jejich kombinací):

- 1) Namáhání se změní tak, že ΔK_{eff} (přesněji ΔK_I) klesne pod prahovou hodnotu ΔK_{th} ;
- 2) hodnota ΔK_{th} se změní tak, že převyší aplikovanou hodnotu ΔK_{eff} (přesněji ΔK_I).

První případ je typický pro zatěžování s proměnlivou amplitudou napětí v homogenních materiálech. Hodnota ΔK_{eff} v průběhu zatěžování může výrazně poklesnout zejména vlivem zvýšení úrovně PIC, neboť např. po aplikaci přetěžovacího cyklu (zvýšení K_{max}) se podle rov. (6) zvýší i hodnota K_{cl} . Vliv RIC na zvýšení K_{cl} lze zanedbat, neboť zvýšená velikost plastické zóny vede ke snížení hodnoty η v prvních dvou členech rov. (6). Po aplikaci přetěžovacího cyklu (snížení K_{max} na původní hodnotu) se zvýšená hodnota K_{cl} udrží až do doby, kdy se šířící čelo trhliny dostatečně vzdálí od statické plastické zóny, indukované přetěžovacími cykly. Zvýšená hodnota K_{cl} během této doby snižuje hodnotu ΔK_{eff} , což vede k přechodnému snížení rychlosti šíření. Pokud je rozdíl mezi původní a přetěžovací hodnotou K_{max} značný, může se hodnota ΔK_{eff} snížit natolik, že klesne pod prahovou úroveň ΔK_{th} a trhlina se zastaví. Snižování rychlosti šíření indukované přetěžovacími cykly je známé pod pojmem "trénování trhliny". Ke snížení ΔK_{eff} může dojít i v případech, kdy se trhlina dostane do oblasti se superponovaným tlakovým předpětím (např. vyztužení nýty) nebo umělého otvoru (geometrické otupení čela).

Druhý principiální případ je typický pro nehomogenní materiály, v nichž existují oblasti se zvýšeným odporem proti šíření trhliny. Jako příklad mohou sloužit svarové spoje a funkčně-gradientní materiály s rozhraními orientovanými kolmo na směr šíření trhliny

nebo rozsáhlejší oblasti sekundárních fází s inherentní v-K křivkou ležící pod křivkou matrice. Tyto nehomogenní oblasti by však svým rozměrem měly převyšovat velikost plastické zóny na čele trhliny [12,13], jinak je jejich účinek na rychlost šíření zanedbatelný. Pokud aplikovaná hodnota ΔK_{eff} leží ještě nad prahovou hodnotou ΔK_{th} oblastí se zvýšeným odporem, trhlina se adekvátně zpomalí. Pokud ovšem hodnota ΔK_{th} vzroste nad aplikovanou ΔK_{eff} , trhlina se zastaví. Specifickým případem je existence teplotního gradientu ve stěnách konstrukcí. V tomto případě se únavová trhlina zpravidla zpomaluje, pokud dochází ke snižování teploty ve směru jejího růstu. Příčinou je snižující se schopnost pohybu dislokací a tudíž omezování plastické deformace na čele únavové trhliny. Poznamenejme, že při křehkém (štěpném) lomu dochází naopak k zastavení trhliny při zvyšování teploty ve směru jejího růstu, neboť se zvyšuje efektivní povrchová energie (spotřeba na plastickou deformaci v okolí čela) a trhlina se navíc geometricky otupuje.

Závěr

V článku jsou uvedeny pouze základní informace o stavu současného poznání o procesech šíření a zastavování únavových trhlín v kovových materiálech. Proto nejsou zmiňovány některé speciální partie, jako např. zpřesnění popisu šíření trhlín pomocí dvouparametrové lomové mechaniky, experimentální metody detekce únavových trhlín nebo fraktografie. Lze říci, že dnes jsou mikromechanismy šíření a zastavování únavových trhlín lépe známy než mikroprocesy jejich iniciace. Většina reálných součástí však nemá hladký (leštěný) povrch a obsahuje již apriorní zárodky krátkých trhlín [14]. Rozhodující podíl na únavová životnost pak má etapa šíření krátkých trhlín. Znalost matematického popisu v-K křivek dlouhých trhlín je rovněž důležitá, neboť umožňuje predikci zbytkové životnosti součástí s trhlínami na mezi rozlišitelnosti defektoskopických metod, nebo kvantitativní rekonstrukci únavového procesu pro účely expertiz únavových lomů.

Poděkování

Tato práce byla podporována Ministerstvem školství a mládeže ČR v rámci výzkumného záměru MSM 262100002.

Literatura:

- [1] Klesnil M., Lukáš P.: Únava materiálů při mechanickém namáhání. Akademia, Praha 1974.
- [2] Pokluda J., Kroupa F., Obdržálek L.: Mechanické vlastnosti a struktura pevných látek. PC DIR, Brno 1994.
- [3] Suresh S.: Fatigue of Materials. Cambridge University Press, Cambridge 1998.
- [4] Pokluda J., Pippan R.: Fat. Fract. Engng. Mater. Struct. 28 (2005), 179.
- [5] Matvienko G., Brown M. W., Miller. K. J. : In 5th Int. conf. on Biaxial/Multiaxial Fatigue and Fracture, Vol II, eds. E. Macha and Z Mroz, Cracow, Poland 1997, pp. 87-96.
- [6] Kohout J.: A new function describing fatigue crack growth curves. Int. J. Fatigue, 21, 1999, 813.
- [7] Pokluda J., Šandera P.: In 11th Int. Symposium on Fracture (ICF 11), ed. A. Carpinteri, Torino 2005, CD ROM .
- [8] Pokluda J. and Siegl J., Fat. Fract. Engng. Mater. Struct., 13, 1990, 375
- [9] Pokluda J., Šandera P., Horníková, J.: Fat. Fract. Engng. Mater. Struct. 27, 2004, 141.
- [10] Pokluda J., Pippan R.: Mater. Sci. Eng. A (in print)
- [11] Pokluda J., Šandera P., Pippan R.: In 9th International Fatigue Congress (Fatigue 2006), ed. W. S. Johnson, Georgia Institute of Technology, Atlanta 2006, CD ROM..
- [12] Broek D.: Elementary Engineering Fracture mechanics. Martinus Nijhoff Publishers, The Hague 1984.
- [13] Kolednik O.: Int. J. Solid Struct. 37, 2000, 781.
- [14] Miller K. J.: Mater. Sci. Technol. 9, 1993, 453.

Lokální mechanické vlastnosti svarového spoje perlitické a bainitické kolejnicové oceli

Ivo Dlouhý¹, Hynek Hadraba¹ a Josef Zbořil²

¹Ústav fyziky materiálu AV ČR, Brno

²DT Výhybkárna a mostárna s.r.o., Prostějov

1. Úvod

V současné době se vlivem růstu nároků na železniční dopravu, především vlivem růstu rychlosti, zatížení a přepravovaného objemu, zvyšují nároky kladené na materiál kolejnic. Pro normálně namáhané trati se ve světovém měřítku široce uplatnila ocel UIC 900A s perlitickou strukturou. Pro jednu z nejvíce namáhaných součástí kolejového svršku, srdcovku výhybky, se dosud užívala například manganová austenitická ocel UIC 866. Tato ocel je zpevnitelná tvářením za studena a zachovává si výbornou houževnatost i při velmi nízkých teplotách. Její nevýhodou je však velmi obtížné obrábění a problematické je i svařování v porovnání s běžnými kolejnicovými materiály. Český výrobce DT Výhybkárna a mostárna s.r.o. Prostějov vyvinul a ověřil bainitickou ocel Lo8CrNiMo [1], která představuje velmi výhod-

nou kombinaci materiálových, technologických i užitných charakteristik [2].

Cílem této práce bylo posoudit rizika spojená se svařem perlitické oceli UIC 900A a bainitické oceli Lo8CrNiMo a ověřit, zda svarový spoj nesnižuje celkovou odolnost vůči křehkému lomu při dynamickém zatížení. Hodnocení vycházelo z kvantifikace lokálních materiálových charakteristik.

2. Experimentální část

Pro zkoušky byla použita perlitická kolejnicová ocel jakosti 900A podle Evropského svazu železnic UIC (dále jen UIC 900A) a bainitická litá ocel na odlitky legovaná Cr, Ni a Mo (dále jen Lo8CrNiMo). Detaily vývoje tohoto materiálu a hodnocení jeho základních vlastností byly mj. předmětem práce [3].

Z obou jakostí ocelí byly vyrobeny části kolejnice typu UIC 60 o délce 750 mm; z oceli jakosti UIC 900A válcováním a z oceli jakosti Lo8CrNiMo odléváním. Části kolejnice z obou jakostí ocelí byly k sobě přivařeny odporově s odtavením (odporová svářečka Schlatter GAA 100/580). Úbytek oceli Lo8CrNiMo po odtavení a pýchování byl 13 mm, zatímco úbytek oceli UIC 900A byl 16 mm.

Mikrostruktura oblasti svaru kolejnic byla studována na příčném řezu vedeném v podélné ose kolejnice. Výbrus byl připraven standardními metalografickými metodami a struktura byla zviditelněna chemickým leptáním leptadly Oberhoffer a Whiteley.

Tvrdość svarového spoje byla měřena metodou Rockwell HRC (ČSN ISO 6508) Vickers HV (ČSN EN ISO 6507) v řadách vpichů ležících na přímkách kolmých k rovině svaru kolejnic. Pro detailní analýzu lokálních vlastností svaru byl použit instrumentovaný tvrdměř Z2,5/ZHU0,2 firmy Zwick.

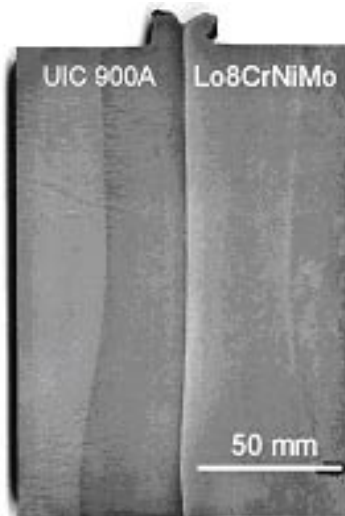
Lomové chování svařených materiálů a svaru bylo studováno pomocí dynamické lomové houževnatosti K_{cd} [MPa.m^{1/2}]. Ta byla určována za použití těles typu Charpy s únavovou trhlinou (PC: pre-cracked Charpy) [4, 5]. Rovina trhliny byla orientována v rovině svaru, kolmo k povrchu hlavy kolejnice. Lom se šířil směrem dovnitř kolejnice. Zkoušky PC těles byly provedeny v rozmezí teplot od -60 do +60°C při rychlostech dopadu klavida v rozmezí 1 až 1,4 m.s⁻¹.

3. Výsledky a diskuse

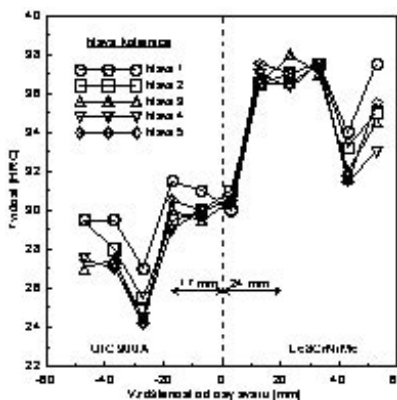
Mikrostruktura a tvrdost svarového spoje

Na obr. 1a je uvedena fotografie makrostruktury svarového spoje. Tvar svaru a tepelně ovlivněné oblasti (dále jen TOO) odpovídal profilu kolejnice – v hlavě a v patě kolejnice byla TOO širší než ve stojně. Rovněž šířka TOO byla v obou materiálech odlišná. V bainitické oceli byla šířka TOO cca 43 mm, zatímco v perlitické oceli cca 29 mm.

Plocha svaru však nebyla zcela rovinná - ve spodní části svaru, v oblasti stojny, došlo k výrazně větší plastické deformaci materiálu UIC 900A, což také odpovídalo většímu úbytku materiálu UIC 900A pozorovanému při svařování.



a) celkový pohled na svarový spoj



b) průběh tvrdosti HRC

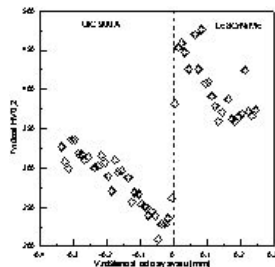
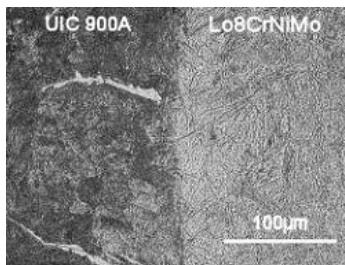
Obr. 1 Makrostruktura svarového spoje ocelí UIC 900A a Lo8CrNiMo

Průběh tvrdosti HRC zjištěné v hlavové části svarového spoje je uveden na obr. 1b. Bylo zjištěno, že hodnoty tvrdosti materiálu se v TOO výrazně neodlišovaly od tvrdosti základního materiálu a pohybovaly se kolem 29-33,5 HRC pro ocel UIC 900A, resp. 37-39 HRC pro ocel Lo8CrNiMo. Na závislosti tvrdosti v TOO však bylo možné nalézt lokální maximum ve vzdálenosti cca 17 mm od osy svaru pro ocel UIC 900A, resp. cca 24 mm pro ocel Lo8CrNiMo. Výskyt a lokalizace tohoto maxima tvrdosti v TOO byl potvrzen také měřením tvrdosti podle Vickerse při zatížení 98,1 N - HV10.

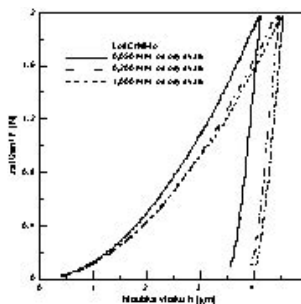
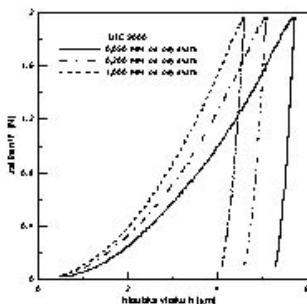
Na obr. 2a je uvedena fotografie mikrostruktury svarového spoje. Svarový spoj byl tvořen tenkou natavenou vrstvou o šířce cca 200 μm . V této oblasti došlo k lokálnímu přehřátí materiálu, a změně jejich mikrostruktury. Perlitická struktura oceli UIC 900A přecházela v hrubší feriticko-perlitickou strukturu s feritem vyloučeným na hranicích perlitických zrn, v některých případech s Widmannstättenovou morfologií. Struktura oceli Lo8CrNiMo byla

v blízkosti svaru tvořena bainitickou strukturou s hrubými latkami bainitického feritu. V hlavové části kolejnice se na hranici styku obou ocelí vyloučil ferit, pravděpodobně vlivem přerozdělení uhlíku mezi eutektoidní ocelí UIC 900A a nízkouhlíkovou ocelí Lo8CrNiMo.

Změna mikrostruktury na svarovém rozhraní měla vliv na lokální mechanické vlastnosti materiálů v okolí svarového spoje a tím na charakter deformace při indentaci. Změna deformační odezvy na vzdálenosti od osy svaru je patrná z obr. 3a a obr. 3b. S rostoucí vzdáleností od osy svaru se hloubka proniknutí hrotu tvrdoměru u obou materiálů měnila: v případě perlitické oceli UIC 900A hloubka klesala a v případě bainitické oceli Lo8CrNiMo rostla. Tato změna byla plynulá a její průběh je dokumentován závislostí tvrdosti HV0,2 na vzdálenosti od osy svaru uvedené na obr. 2b. Vzdálenost od osy svaru ve které dochází k plynulé změně tvrdosti HV0,2 byla cca 200 μm v materiálu Lo8CrNiMo a 300 μm v materiálu UIC 900A.



Obr. 2 Mikrostruktura svarového spoje ocelí UIC 900A a Lo8CrNiMo
a) svarový spoj; b) průběh tvrdosti HV0,2



Obr. 3 Vliv vzdálenosti od osy svaru na charakter deformačních zatěžovacích křivek
a) v perlitické oceli UIC 900A; b) v bainitické oceli Lo8CrNiMo

Tvrdość HV_{0,2} svařovaných materiálů (Lo8CrNiMo, UIC 900A) se v bezprostřední blízkosti osy svaru a ve vzdálenosti 100 μm od osy svaru v obou materiálech lišila až o 100 jednotek: tvrdość HV_{0,2} oceli Lo8CrNiMo rostla směrem k ose svaru z hodnoty 375 až na hodnotu 475 a tvrdość HV_{0,2} oceli UIC 900A naopak směrem k ose svaru klesala z hodnoty 325 až na hodnotu 225. V ose svaru pak zjištěný rozdíl tvrdości HV_{0,2} mezi materiály UIC 900A a Lo8CrNiMo činil cca 250.

Lomové chování

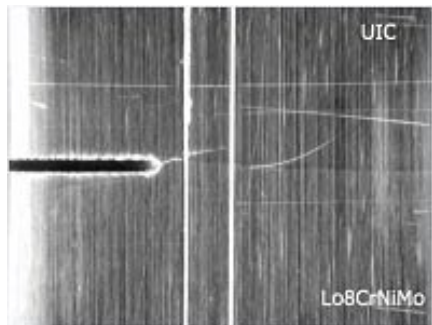
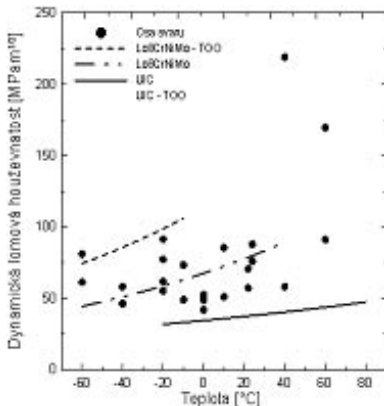
Lomové chování svarového spoje bylo posuzováno na základě měření dynamické lomové houževnatosti v místech s maximální hodnotou tvrdości HRC (viz obr. 1b), kde byla předpokládána největší křehkość svařovaných materiálů a v ose svaru. Čelo únavové trhliny zkušebních těles pro určování dynamické lomové houževnatosti bylo proto lokalizováno do osy svaru a do oblastí s maximální hodnotou tvrdości v obou materiálech.

Na obr. 4a je uvedena závislost dynamické lomové houževnatosti K_{cd} na teplotě v ose svaru, a také pro oceli UIC 900A a Lo8CrNiMo (v základním materiálu i v TOO). Průběh teplotní závislosti dynamické lomové houževnatosti v základních materiálech a v TOO byl proložen exponenciálními závislostmi $K_{cd}(t)$.

Bylo pozorováno, že hodnoty dynamické lomové houževnatosti spojovaných materiálů byly v TOO vyšší než hodnoty zjištěné pro základní materiál. V případě oceli Lo8CrNiMo byl růst dynamické lomové houževnatosti výrazně vyšší než v případě oceli UIC 900A. Z obr. 4a je zřejmé, že hodnoty dynamické lomové houževnatosti naměřené v ose svaru ležely v pásu ohraničeném hodnotami zjištěnými v TOO spojovaných materiálů. Hodnoty zjištěné v ose svaru však vykazovaly značný rozptyl. I přes zjištěný rozptyl hodnot K_{cd} lze konstatovat, že lomové chování svarového spoje se při nižších teplotách blížilo lomovému chování oceli Lo8CrNiMo a při vyšších teplotách oceli UIC 900A. Z hlediska odolnosti svaru perlitické a bainitické oceli vůči křehkému lomu však z dat jednoznačně vyplývá, že nejkritičtějším místem zůstává perlitická ocel kolejnice.

Rozptyl hodnot dynamické lomové houževnatosti vyžaduje ještě detailnější analýzu. Má jednak materiálové příčiny, ale rovněž souvisí se vztahem geometrie svarového spoje a čela únavové trhliny PC těles, tj. s metodikou určování lomové houževnatosti.

Změna mikrostruktury a s ní spojená změna mechanických vlastností materiálů v blízkém okolí osy svarového spoje byla popsána v předchozí kapitole. Lze předpokládat, že rozdíl mechanických vlastností spojovaných ma-



Obr. 4 Dynamická lomová houževnatost K_{cd} svarového spoje
a) teplotní závislost K_{cd} ; b) šíření trhliny v ose svaru

teriálů (viz zjištěný rozdíl tvrdosti HV0,2 oceli UIC 900A a Lo8CrNiMo v ose svaru) měl vliv na změnu směru šíření trhliny v ose svaru.

K rozptylu hodnot dynamické lomové houževnatosti měřené v ose svaru došlo také vlivem rozdílů v lokalizaci čela únavové trhliny, způsobené odchylkami plochy svaru od osové roviny. To následně vedlo k ovlivnění iniciačního stadia křehké trhliny a tím i k rozptylu hodnot dynamické lomové houževnatosti K_{cd} .

Na základě těchto zjištěných materiálových a geometrických změn můžeme usoudit, že ne všechny hodnoty K_{cd} vyskytující se v rozptylovém pásu tak reprezentují bezprostřední odezvu svarového spoje při dynamickém zatěžování.

4. Závěr

Mikrostruktura tepelně ovlivněné oblasti (TOO) perlitické oceli UIC 900A se výrazně liší od mikrostruktury základního materiálu. Oblast styku této oceli s ocelí Lo8CrNiMo byla tvořena tenkou natavenou vrstvou.

Bylo zjištěno, že se tvrdost HRC spojovaných materiálů v TOO výrazně neliší od tvrdosti základních materiálů. Na závislosti HRC a HV se vzdáleností od čela svaru bylo nalezeno lokální maximum tvrdosti, ve kterém bylo předpokládáno snížení odolnosti materiálu proti křehkému porušení. Změna mikrostruktury v blízkém okolí osy svaru měla vliv na lokální mechanické vlastnosti svarového spoje; tvrdost HV0,2, měřená se záznamem síly a hloubky indentace, obou spojovaných ocelí v ose svaru a ve vzdálenosti 100 μm od osy svaru se lišila o 100. V ose svaru pak rozdíl tvrdostí HV0,2 obou materiálů činil až 250.

Teplotní závislost hodnot dynamické lomové houževnatosti K_{cd} oceli UIC 900A v TOO byla srovnatelná s hodnotami K_{cd} neovlivněného základního materiálu. Naproti tomu u oceli Lo8CrNiMo došlo v TOO k výraznému růstu hodnot K_{cd} , a tedy zvýšení odolnosti proti křehkému porušení. Hodnoty dynamické lomové houževnatosti svaru ležely v pásu ohraničeném hodnotami dynamické lomové houževnatosti tepelně ovlivněné oblasti svařovaných materiálů. Lomové chování svarového spoje se při nižších teplotách blížilo lomovému chování oceli Lo8CrNiMo a při vyšších teplotách oceli UIC 900A.

Z hlediska odolnosti proti iniciaci křehkého lomu svarový spoj oceli UIC 900A a Lo8CrNiMo nesnižuje lomové vlastnosti základních materiálů.

Poděkování

Práce na příspěvku byly umožněny díky podpoře projektu cíleného výzkumu AVČR č. 1QS200410502 a grantu GAAV č. A200410502.

Literatura

- [1] ZBOŘIL, J. - HECZKO, E. Ocel pro odlitky srdcovek železničních a tramvajových výhybek. Užiténý vzor 9574
- [2] HOLZMANN, M. - DLOUHÝ, I. - ZBOŘIL, J. Mechanické vlastnosti a lomové chování oceli na odlitky s bainitickou strukturou a její využití v srdcovkách výhybek. Hutnické listy 57 (2003), p. 8-20
- [3] ZLÁMAL, B. Hodnocení svarů bainitické oceli na odlitky. Diplomová práce, FSI VUT v Brně (2003)
- [4] ISO 14556 Steel - Charpy-V pendulum impact test -Instrumented test method
- [5] Proposed standard methods for instrumented pre-cracked Charpy impact testing of steels and other metallic materials, CHARPY FRACTURE TEST METHODS, Draft 21.1: October 2005



Použití kohezních prvků pro modelování šíření trhliny

Kozák V., Chlup Z., Dlouhý I.
Ústav fyziky materiálů AVČR Brno

1. Úvod

Mikromechanické modely poškozování se staly velmi diskutovanou a rozvíjející se oblastí při řešení současných problémů lomové mechaniky. Výhodou těchto modelů je, že jejich parametry jsou závislé pouze na materiálu a nikoli na geometrii komponenty, což je klíčové z hlediska přenosu a srovnání lomové mechanických dat získaných na tělesech s rozdílnou geometrií. Mikromechanické modely lze aplikovat nejen pro popis chování komponenty s defektem (tato podmínka je apriorně vyžadována při aplikaci klasické lomové mechaniky), ale také při popisu lomového chování těles, která počáteční defekt neobsahují. Rozhodujícím kritériem v procesu poškozování je dosažení kritické podmínky v lokální oblasti degradovaného materiálu. V předloženém příspěvku jsou shrnuty zkušenosti při použití kohezních prvků při modelování pomalu se šířící trhliny v tvárné matici. Jako experimentální materiál byla vybrána ocel 42CrMo4, jenž byla vyrobena společností Žďas.

Požadavky průmyslu na spolehlivost konstrukcí vzhledem na nástup moderních materiálů neustále rostou. Nosným problémem se pak stává exaktní měření charakteristických materiálových veličin v laboratorních, vyhodnocení těchto parametrů a jejich použití v modelech simulujících lomové chování reálné komponenty. Přístupy experimentální a teoretické lomové mechaniky by k řešení této problematiky měly poskytnout vhodné přístupy a nástroje. Na rozdíl od klasické lomové mechaniky popisující spíše makroskopické či globální chování materiálů, současné přístupy se snaží predikovat chování materiálu pomocí znalosti mikromechaniky a mikromechanismů porušování. Jejich typickou doménou se stala problematika tzv. lokálního přístupu.

V současné době lze s rozvojem pokročilých metod lomové mechaniky simulovat stabilní šíření trhliny uvnitř tělesa využitím následujících metod [1, 2, 3, 4]:

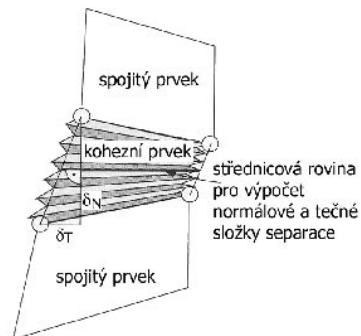
- metodou „uvolňování uzlů“, řízenou jakým-

koliv lomovým parametrem J , CTOD (crack tip opening displacement), CTOA (crack tip opening angle)

- využitím konstitutivních rovnic zahrnujících poškozování (např. Gursonův model)
- použitím konceptů spojitěho poškozování
- využitím kohezních prvků

Největší nevýhoda metody uvolňování uzlů je v používání lomových parametrů, např. K_I , J_I . Z tohoto důvodu mohou být modelována pouze tělesa s počáteční trhlinou.

Gursonův model je velmi významný model pro simulaci tvárného poškozování a růstu trhliny. Gursonův model je používán pro simulaci mechanismu tvárného lomu modifikací plastického potenciálu zahrnujícího materiálové změkčení, které nastává díky nukleaci dutin, jejich růstu a spojování. Výhodou oproti metodě uvolňování uzlů je skutečnost, že model může být využit i pro modelování tělesa bez počáteční trhliny. Tuto výhodu mají i následující dva modely (model spojitěho poškozování a kohezní model). Posledně dva jmenované modely se nevztahují jen k určité třídě materiálů, ale mohou být použity pro libovolný materiál (nejen pro materiály vykazující tvárné chování). Kohezní model je výhodný zejména z hlediska minima použitých parametrů a pro jeho univerzální použitelnost.



Obr. 1: Separace spojitých prvků, které jsou spojeny kohezním prvkem

Separace materiálu a tudíž poškození struktury je klasicky popisováno pomocí „interface“ prvků - žádné spojité prvky nejsou v kohezním modelu poškozeny. Využitím této metody je chování materiálu rozděleno na dvou částí:

- spojité oblasti bez poškození řídící se libovolným materiálovým zákonem
- oblasti kohezních prvků, které specifikují pouze poškození materiálu a vyskytují se mezi spojitými prvky

Rozevření kohezních prvků nastane při vzniku poškození. Při porušení kohezní prvky ztratí svou tuhost a spojité prvky nejsou již dále spojeny. Z tohoto důvodu se trhlinka může šířit jen po hranicích kohezních prvků. Pokud není předem znám směr šíření trhliny, je třeba vygenerovat síť MKP pro různé možné směry šíření trhliny.

2. Trakčně-separační zákon

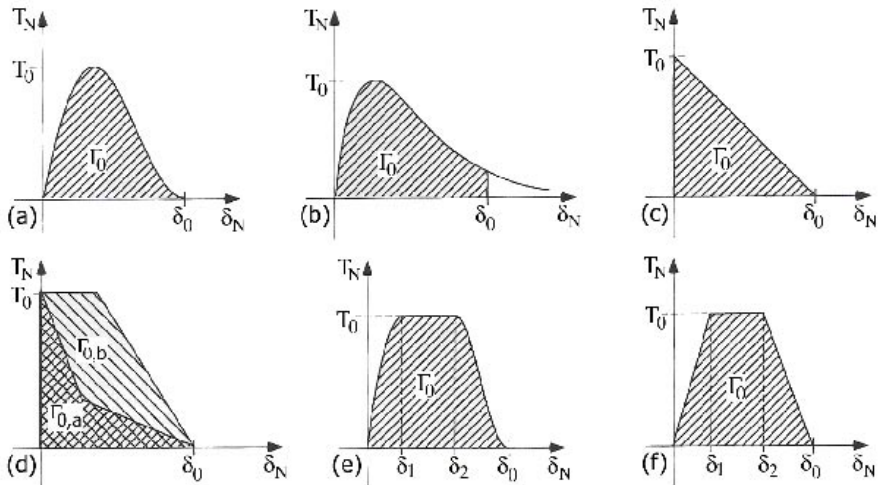
Vzhledem k tomu, že kohezní model je fenomenologický model, není zjevně dokázáno, kterou formu přijmout jako kohezní zákon $T(\delta)$. Proto musíme kohezní zákon předpokládat jako určitý model separace materiálu nezávislý na konkrétním materiálu. Většina autorů používá své vlastní formulace trakčně-separační křivky.

Níže budou kohezní zákony znázorněny pouze ve schematické formě na obr. 2. Jednotlivé rovnice popisující tyto křivky je možné nalézt v literatuře [2].

Exponenciální model (b) je používán mnoha autory jak pro tvárné, tak i pro křehké materiály. Exponenciální trakčně-separační zákon je také implementován v MKP systému WARP3D a byl použit pro numerické modelování stabilního šíření trhliny v tomto příspěvku.

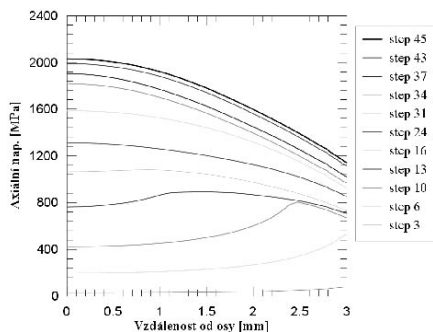
3. Určení parametrů kohezního modelu

Pro určení kohezního napětí T_0 v případě normálového lomu byla vyvinuta následující hybridní technika. Na zkušební tělese s vrubem je realizována tahová zkouška. Užitím konvence (v oblasti elasto-plastické lomové mechaniky) řešení pomocí konečných prvků je určeno rozložení axiálního napětí napříč průřezem v místě vrubu v okamžiku iniciace lomu ve středu zkušební vzorku, což se shoduje s konečným lomem. Axiální napětí vykazuje maximální hodnotu ve středu zkušební vzorku a předpokládá se, že bude rovno koheznímu napětí T_0 . Podobně pro šikmý lom (slant) bývají k určení kohezního napětí T_0 užívány tenké rovné zkušební vzorky.



Obr. 2: Typy trakčně-separačních zákonů

Na následujícím obr. 3 je vidět průběh napětí ve vrubovaném zkušební tělese. Výsledné hodnoty byly určeny jako průměrné z deseti testovaných těles.



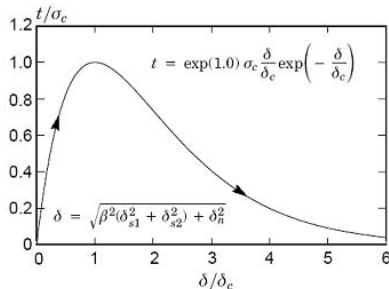
Obr. 3: Průběh axiálního napětí na vrubované zkušební tyči

Ze všech hodnot kohezního napětí byl spočten aritmetický průměr, který vyšel $T_0 = 2000$ MPa.

Pro určování inicializační hodnoty J -integrálu byla použita jako zkušební tělesa kompaktní tělesa (Compact Tension – CT těleso), která byla normalizována normou ASTM 1820-99a pro experimentální stanovení lomové houževnatosti kovových materiálů. Před zkouškou je v tělese vytvořena únavová trhlinka, která při cyklování musí splnit podmínky malé plastické deformace před čelem trhliny stanovené např. ČSN EN ISO 12737. Vyhodnocení dat získaných z experimentů nám slouží k určování např. faktoru intenzity napětí nebo v našem případě ke stanovení J -integrálu. Experimentální hodnota J_i byla stanovena jako $J_i = 115 \pm 5$ MPa.mm a následovně byla kalibrována pomocí numerického modelování v programovém systému WARP3D.

Tento MKP systém byl speciálně vyvinutý přímo pro aplikace v oblasti lomové mechaniky. Použité modely včetně sítě MKP byly vytvořeny v programovém systému ABAQUS. Program WARP3D v sobě nemá zabudovaný modul pro grafické zobrazování výsledků, takže výsledky z výpočtů jsou uváděny pouze ve formě grafů či tabelárně. Numerický výpočet počátečního stádia šíření trhliny je řešen pomocí kohezního

modelu. Tento materiálový model idealizuje lomové procesy v tělesech prostřednictvím tenké vrstvy, která je stisněna mezi dvěma přilehlými virtuálními povrchy. Exponenciální vztah mezi efektivní trakční silou (t) a efektivní separací (δ) nám dává představu o kohezním modelu, který je implementován do programového systému WARP3D, viz obr. 4.



Obr. 4: Tvar kohezního modelu použitý v případě tvárného porušení

Zkušební výpočty byly realizovány ke kalibraci kohezních parametrů vstupujících do výpočtů, tj. kohezni napětí T_0 a inicializační hodnota J_i . Pro porovnání řešení byly vybrány tři výpočty, ve kterých byly použité různé kombinace hodnot T_0 a J_i , označené Cohe_1, Cohe_2 a Cohe_3, viz tab. 1. Na základě porovnání s experimentem byla následně určena hodnota J_i .

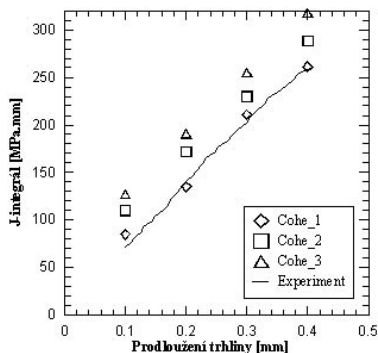
	T_0 [MPa]	J_i [Mpa.mm]	$a_0/2$ [mm]
Cohe_1	2000	110	0,0101
Cohe_2	2000	120	0,011
Cohe_3	2000	130	0,012

Tabulka 1. Přehled a rozdělení tří různých testovaných vstupních dat

Z uvedených výsledků, obrázek 5, je zřejmé, že nejprsnější řešením je pro nás výpočet Cohe_1, který je nejbližší výsledkům získaných z experimentu. Na základě tohoto porovnání byla stanovena inicializační hodnota J -integrálu $J_i = 110$ MPa.mm. Z čehož vyplývá, že při použití materiálové křivky, která se po předchozích testech ukázala jako nejvíce

pravděpodobná, je nejvhodnější kombinací kohezních parametrů:

- $T_0=2000$ MPa
- $J_i=110$ MPa.mm



Obr. 5: Zobrazení závislosti $J-\Delta a$ v počáteční fázi šíření trhliny

4. Modelování J - Δa křivky na SE(B) tělese

Bylo modelováno zkušební těleso o rozměrech $L=250$ mm, $l=200$ mm (vzdálenost podpor pro uložení tělesa v přípravku zkušebního stroje), $B=25$ mm, $a=25,25$ mm, $W=50$ mm (tzn. $a/W \sim 0,5$). Z materiálového hlediska byly v případě aplikace metody kohezních prvků definovány dvě oblasti. Oblast předpokládaného růstu trhliny byla popsána parametry kohezního modelu, jejichž určením se zabývá předchozí kapitola. Zbývající část materiálu tělesa popisuje experimentálně zjištěná závislost ekvivalentní napětí - ekvivalentní deformace.

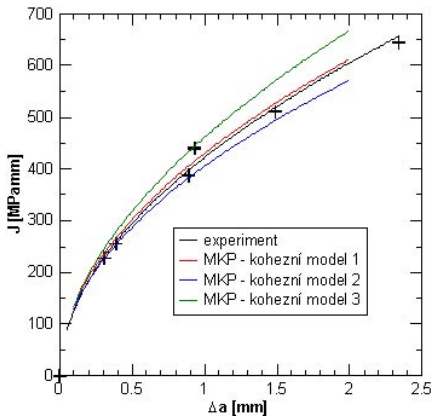
Při numerickém modelování stabilního šíření trhliny v SE(B) tělese byla zjištěna velice silná závislost konvergence řešení a numerické stability výpočtu na hustotě sítě, zejména pak na hustotě sítě ve směru tloušťky tělesa. V současné dostupné literatuře není nikde zmínka o doporučené velikosti kohezních prvků. Dostupné jsou pouze obrázky použitých sítí konečných prvků, bez jakéhokoliv údaje o počtu a velikosti použitých prvků. Z tohoto důvodu bylo modelováno celkem 16 druhů sítí MKP. U prvních osmi konečnoprvkových sítí byla modelována síť s počátečním otupením trhliny pod úhlem 45° . Bylo prokázáno, že tato

síť je vhodná pro modelování stabilního šíření trhliny pomocí GTN modelu /2/, avšak při aplikaci kohezního modelu pro různé hustoty sítě ve směru tloušťky tělesa i směru šíření trhliny nevedla ke konvergentnímu řešení.

Jako nejvhodnější byla sledována síť zobrazená na obr. 6 (na str.2), kde je použito 9 vrstev konečných prvků ve směru tloušťky tělesa. Ve směru šíření trhliny pak bylo implementováno celkem 10 vrstev kohezních prvků. Charakteristické rozměry kohezního prvku poté byly $0,2$ mm x $1,4$ mm x 0 mm.

Přírůstek délky tvárné trhliny byl sledován v celé ploše příčného průřezu. Vzhledem k nedostupnosti grafického zobrazení deformované sítě z WARP3D bylo přistoupeno k „rekonstrukci“ plochy části průřezu na základě znalosti číselného označení jednotlivých prvků v oblasti šíření trhliny. Vpravo na obr. 7 (na str.2) jsou šedou barvou zvýrazněny ty z kohezních prvků, ve kterých došlo k překročení kritické hodnoty separace a jsou již zničeny. Číslo „usmrcených“ prvků jsou obsažena ve výstupním textovém souboru, podobně jako údaje o aktuální separaci v rámci jednotlivých prvků. Na levé straně obrázku 7 je fotografie lomové plochy poloviny reálného zkušebního tělesa.

Použitím kohezních prvků a speciálního MKP řešiče WARP3D byla získána závislost J -integrálu na přírůstku délky tvárné trhliny Δa . Vzájemný souhlas mezi experimentálně a numericky zjištěnými J - Δa křivkami lze vidět na obr.8. Další tři J - Δa křivky byly sestaveny použitím tří různých křivek ekvivalentní napětí - ekvivalentní deformace. Největší shody mezi numericky a experimentálně sestavenou J - Δa křivkou bylo dosaženo při použití křivky $\sigma_{ekv} - \epsilon_{ekv}$, určené z hladkých tahových tyčí. V grafu a v legendě je označena jako MKP – kohezní model 1. Druhá z J - Δa křivek zobrazených v grafu byla sestavena při aplikaci křivky $\sigma_{ekv} - \epsilon_{ekv}$, která byla stanovena ze zkušebních tahových tyčí s vybráním. Tato J - Δa křivka je v grafu a v legendě označena jako MKP – kohezní model 2. Třetí J - Δa křivka byla sestavena při použití křivky $\sigma_{ekv} - \epsilon_{ekv}$, převzaté z /5/. Tato poslední zmíněná křivka je v legendě označena jako MKP – kohezní model 3.



Obr. 8: J-Δa křivka stanovená experimentálně a numericky

5. Závěr

- při numerickém modelování stabilního šíření trhliny v SE(B) tělese byla zjištěna velice silná závislost konvergence řešení a numerické stability výpočtu na hustotě sítě, zejména pak na hustotě sítě ve směru tloušťky tělesa.

- bylo zjištěno, že na tvar J-Δa křivky a tudíž na vlastní šíření trhliny má pozorovatelný vliv přesnost určení křivky ekvivalentní napětí - ekvivalentní deformace, čímž se potvrdila nutnost přesného určení materiálové křivky.

Literatura:

1. Brocks, W., Cornec, A., Schneider, I., Computational Aspects of Nonlinear Fracture Mechanics, GKSS 2003/30, str. 129-203.
2. Cornec, A., Schneider, I., Schwalbe, K., H., On the practical application of the cohesive model, Engineering Fracture Mechanics, str. 1963-1987, 2003.
3. Rice, J. R., Tracey, D. M., On the Ductile Enlargement of Voids in Triaxial Stress Fields, J. of Mech. and Phys. of Solids, 17, str. 201-217, 1969.
4. Gurson, A. L. Continuum Theory of Ductile Rapture by Void Nucleation and Growth: Part 1-Yield Criteria and Flow Rules for Porous Ductile Media, J. of Eng. Mater. and Technology, 99, str. 2-15, 1977.
5. Vlček, L., Numerická 3D analýza těles s trhlinou: Výpočty parametru constraint a modelování stabilního šíření trhliny, VUT FSI a ÚFM AVČR Brno, 2004

Příklady poruch strojů a jejich částí

Ivan Krásný, Ladislav Horváth

VAMET s.r.o.

Murphy's law:

"If anything can go wrong - it will"

O'Tool's comment on Murphy's law:

"Murphy was an optimist"

Anotace

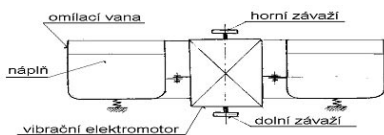
V příspěvku je popsáno několik z řady případů poruch, s nimiž se autoři v technické praxi setkali v SVÚSS Běchovice a ve VAMETu s.r.o. Praha. Příčiny popisovaných poruch byly běžné: návrh zařízení, nerespektující všechny možné (i nemožné) provozní stavy, předem neočekávané režimy, zrádné ústupky úsporným požadavkům technologie aj. Záměrně neuvádíme žádnou „filosofii“ hledání

a vysvětlování příčin poruch, to ponecháváme na laskavém čtenáři. A protože konstruktéři, projektanti, výrobci i provozovatelé o jakýchkoliv poruchách jen neradi slyší, tak pro jejich klid konstatujeme, že jakákoliv podobnost dále popisovaných případů poruch s příběhy reálného života je čistě náhodná.

Pevnostní šrouby dynamicky namáhaného přírubového spoje

Šlo o spoj vibrační motor - vana omílacího stroje. Schéma je v obr.1. Spoj přenáší účinky nevyvážků horního a dolního závaží motoru na omílací vanu. Při známém nastavení nevyvážků bylo proto možno snadno spočítat síly a mo-

menty přenášené spojem, což je v technické praxi případ spíše výjimečný. Bylo použito 10 šroubů M20x1,5, soustružených z oceli 13240, tepelně zpracovaných na pevnost 800÷1050 MPa, (mez kluzu 640 MPa), předepsaný utahovací moment 200 Nm, pojištění proti povolení přftužnou maticí. Stroj byl v provozu jen asi 50 hodin, pak došlo k výraznému zvýšení hlučnosti. Proto byl stroj ihned odstaven a konstatováno porušení přírubového spoje. Až v druhé „etapě“ získávání informací od provozovatele jsme se dozvěděli, že 8 šroubů mělo únavové trhliny o ploše 60%÷90% celkové plochy průřezu, trhliny vesměs vycházely z přechodu odlehčeného dřívku ϕ 14 mm do šestihranné hlavy šroubu., byly poplatné vysokocyklové únavě. Dva šrouby (nebylo zjištěno zda to byly poslední dva) se staticky porušily s dobrou hodnotou příčné kontrakce \approx 50%. Při otáčkách motoru 1470 1/min představuje 50-ti hodinový provoz \approx 4400000 cyklů. Kontrolní výpočet prokázal, že při daných pevnostních vlastnostech šroubů a předepsaném utahovacím momentu musí spoj účinky určené nevyvážky s velkou rezervou bezpečně přenést. Jako možná vysvětlení příčiny poruchy se proto nabízí buď nedodržení předepsaného utahovacího momentu 200 Nm, nebo – což považujeme za nejpravděpodobnější – částečné uvolnění předpětí šroubů při počátečním provozu. Byly proto vyrobeny šrouby nové a provozní předpis stroje doplněn o pravidelnou kontrolu jejich předpětí. Další provoz stroje již byl bez závad.



Obr.1. Schéma omílacího stroje

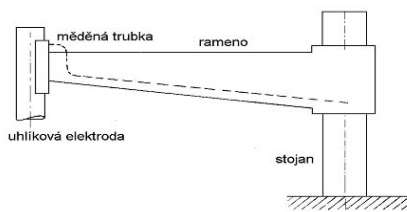
Přívod chladicí vody a proudu k elektrodám pece ocelárny

Základní schéma je v obr.2. Držák elektrody, umístěný na konci ramene, je dutý, vodou chlazený válcový panel, přívod proudu i chladicí vody je proveden silnostěnnou měděnou trubkou (čárkovaně), drženu podél ramene přichytkami. Při provozu docházelo k porušení

trubky v těsné blízkosti držáku elektrody; tavená ocel přidavek vody pochopitelně neměla ráda. Provozovatel pece nejprve požadoval pevnostní výpočet měděné trubky. Když se však ukázalo, že se v podstatě zatížení trubky nezná, bylo nutno shlédnout pec v provozu. Ukázalo se přitom, že zbytky nátěrů na vsazovaném šrotu při tavení oceli vydatně hoří několik metrů vysokými plameny, zasahujícími koncovou část ramene i s měděnou trubkou. Pak už bylo vysvětlení příčiny poruch jasné:

- v plamenech se trubka ohřeje a teplotně dilataje podstatně dříve než masivní rameno,
- ožehnuté přichytky trubky se velmi pravděpodobně uvolní,
- při „studeném“ konci ramene při stojanu není k uvolnění přichytek důvod,
- dilatační přírůstek délky trubky se „vybije“ zejména v ohybu při držáku elektrody, kde dojde k plastickým deformacím a nakonec ke vzniku trhlin.

Náprava byla jednoduchá a levná: Žádný výpočet nebyl zapotřebí, jen bylo nutno uvolnit přichytky trubky podél ramene a při stojanu a naopak přitáhnout a v provozu kontrolovat přichytku těsně při držáku elektrody. Pak měla teplotní dilatace měděné trubky „volno“ podél ramene až ke stojanu. Tím se zamezilo plastickým deformacím trubky při držáku elektrody. Další provoz pece byl již bez potíží – nebo aspoň bez poruch popsaného typu.



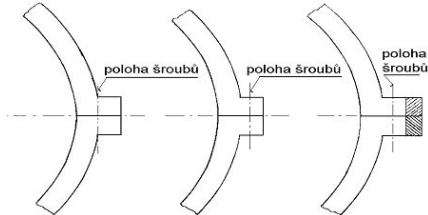
Obr.2. Ocelářská pec - schéma ramene s držákem elektrody

Podobné problémy se mohou objevit u souběžného vedení dlouhých potrubí z materiálů s odlišnou tuhostí a teplotní roztažností: ocel, plast, měď. V nedávné době skutečně došlo při tlakové zkoušce několik set metrů

dlouhých potrubí, uložených souběžně na společných konsolách a opatřených axiálními kompensátory, k destrukci některých drahých kompensátorů. Přispělo k tomu i málo pečlivé nastavení vůle osových vedení, která byla sice namontována s maximálním osovým zdvihem, bohužel však na opačnou stranu, než vyžadovala teplotní dilatace potrubí.

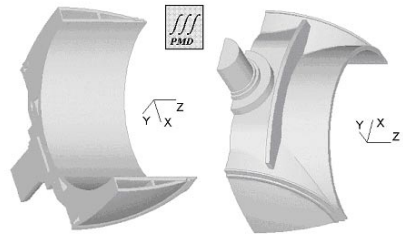
Kulový uzávěr vodní elektrárny

První vyskytnuvší se příčina potíží byla netěsnost podélné příruby skříně uzávěru při tlakové zkoušce. Hrubé schéma této partie skříně je v obr.3. Vlevo je původní návrh, který počítal s polohou šroubů co nejblíže ke střední linii válcového pláště. To by však vyžadovalo (drahé?) zahlobnutí pro šrouby do masa pláště, proto byla poloha šroubů posunuta směrem ven – obr.3, uprostřed. A právě toto provedení vykazovalo netěsnost již při tlakové zkoušce. Náprava zřejmě nebyla právě levná: spočívala v rozšíření přírub o přivařené šrafované části v obr.3 vpravo. Těsnosti přírub skříně tím bylo dosaženo.



Obr.3. Schéma podélné příruby kulového uzávěru

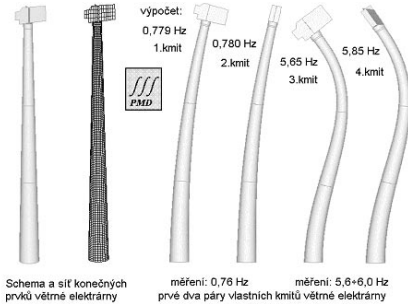
Při této příležitosti byla doporučena i pevnostní kontrola návrhu otočného tělesa uzávěru. Jeho tvar je zřejmý z obr.4, zachycujícího stav po vydatném zesílení partie uložené čepu na plášti tělesa přídatnými žebry. Ačkoliv v završeném stavu uzávěru se veškerá síla od tlaku přenesla pouze na oba čepy, tak původní návrh jejich uložení podcenil: jak při tlakové zkoušce, tak při provozu by došlo k místním plastickým deformacím a k pravděpodobnému zadírání čepu v ložiskách. Provedená pevnostní kontrola tak preventivně vedla k zesílení tělesa. Lze s jistotou tvrdit, že zabránila vzniku provozních potíží.



Obr.4. Kulový uzávěr – tvar jedné čtvrtiny otočného tělesa

Chvění větrné elektrárny při provozu

Větrná elektrárna je s hlediska statiky i dynamiky složitý a komplikovaný systém, který vyžaduje podrobné výpočtové předběžné kontroly. Důležité je zejména vyloučit buzení ohybového kmitání věže úplavy vrtule. V našem případě byla základní frekvence tohoto buzení 1,45 Hz, vydatnosti vyšších harmonických buzení klesají jen velmi pomalu. Důležité skutečnosti, plynoucí z našich výpočtů, ilustruje obr.5. Je vidět, že vlastní frekvence 3. a 4. tvaru kmitu jsou velmi blízké 4.harmonické buzení 5,80 Hz. Kmitání věže s touto frekvencí bylo skutečně při provozu elektrárny naměřeno akcelerometry. Původní dynamický výpočet při návrhu elektrárny byl zřejmě proveden příliš „brzo“, takže uvažoval podstatně menší hmotnost na vrcholu věže (třílístá vrtule, převodovka, generátor, gondola atd.), než jaká tam nakonec skutečně byla umístěna. Navíc byla tato hmota předpokládána jednoduše jako pouhý hmotný bod. Proto také dal původní výpočet vlastní frekvence relevantních tvarů kmitu vyšší a zdánlivě bez rizika. Jakákoliv dodatečná náprava doložená situace, spočívající v cílených změnách vlastních frekvencí věže, by byla náročná a drahá. Přitom stěžejní význam pro životnost věže má znalost jejich skutečných napětí při všech provozních stavech. A při podrobnějším dynamickém rozboru se ukázalo, že amplitudy dynamických napětí budou pravděpodobně ležet v přípustných mezích. Proto jsme navrhli trvalé tensometrické měření ohybového namáhání věže asi ve 2/3 její výšky, kde se výrazně projevují namáhání jak od prvního tak od druhého páru vlastních kmitů. Takové sledování věže by samozřejmě umožnilo i žádanou „hlídkání“ jejich vlastních frekvencí během její životnosti.

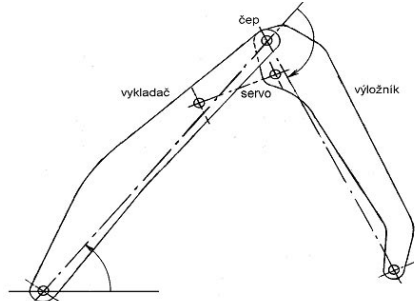


Obr. 5. Větrná elektrárna – schéma a vlastní kmity

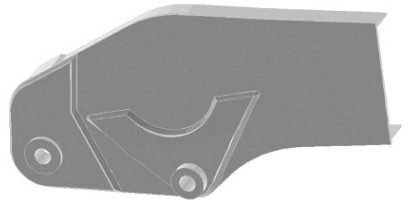
Výložník vykládacího stroje

Stroj je otočně umístěn na pylonu, je používán pro vykládku vagonů s kulatinou. Schéma jeho důležitých částí je v obr.6. Po přibližně jednom milionu provozních cyklů došlo k zlomení výložníku v oblasti mezi objímkami pro čep a servoválcce, obě části zůstaly spojeny jen horní pásnicí komorového průřezu výložníku, jež utvořila výrazný plastický kloub. Detail výpočtového modelu sledované části je znázorněn v obr.7. Návod ke stroji sice připouští působení pouze svislých sil na konci výložníku, ovšem k vodorovným účinkům, ve směru kolmém k rovině „vykladač/výložník“, nutně dochází při rozjezdu a brzdění otoče. Svislé zatížení konce výložníku plyne ze sil servoválců, tj. z jejich rozměrů a ze známého tlaku oleje. Jeho vodorovné zatížení mohlo být jen odhadnuto na základě úhlové odchylky břemene od svislého směru při rozjezdu a brzdění otoče, jež byla 20° až 25°. Tomu odpovídá velikost síly vodorovné asi $0,34 \pm 0,42$ svislé. Inicie únavových trhlin nastala v úzké mezeře mezi přídavnými plechy čepu a servoválcce (obr.7) a to na obou stranách výložníku. Proto příčinou poruchy byl evidentně ohyb výložníku kolem svislé osy, vyvolaný působením vodorovných sil na jeho konci. Svislé síly v místě iniciace trhlin působí jen malá napětí, tyto síly pak zřejmě jen spolupůsobily při jejich rozvoji a dolomení výložníku. Příčina poruchy je z obr.7 zřejmá na první pohled: oddělené výztužné plechy pro čep a servoválec jako důsledek podcenění ohybu komorového profilu výložníku kolem svislé osy. Snad jediná výhoda použité konstrukce je technologická „úspora“: stejné výztužné ple-

chy lze použít pro sadu výložníků s různými vzdálenostmi os čepů a servoválců. Nápravu lze zjednat jednoduše: nahradit celkem čtyři výztužné plechy (na obou stranách výložníku) pouze dvěma a tím místo iniciace trhlin zcela odstranit. Z tohoto hlediska lze případné ověřovací výpočty výložníku považovat za zbytečné. Byly však přesto provedeny a prokázaly – k radosti obsluhy stroje – že případný postrk vagonů na vlečce pomocí vykládacího stroje, provozními předpisy samozřejmě zakázaný, nemohl být prvotní příčinou poruchy.



Obr. 6. Schéma důležitých částí vykládacího stroje - vykladač a výložník



Obr. 7. Část výřezu výložníku – polovina komorového nosníku

Co konstatovat závěrem? Oba autoři získali v průběhu své profesní praxe jistě cenné zkušenosti s analýzou a hledáním příčin poruch ve strojařině. Jejich „užitečnost“ v běžném lidském životě však dobře ilustruje následující příhoda. Prvému z autorů příspěvku se před lety začaly z levého zadního kola jeho tehdejšího auta značky Lada ozývat nepatřičné drhající zvuky – sice velmi zřídka, ale zato vydatně. Vyheverování zadku a otáčení kola neprokázalo nic. Jel tedy dál a po několik desítek kilometrů dlouhou cestu usilovně přemýšlel o příčině. Marně. Po demontáži poloosy byla příčina

ihned naprosto jasná: porušená klec jejího klasického jednořadého kuličkového ložiska. Ty kuličky se tak mohly – i když jen občas a vzácně – seřadit těsně za sebou do obvodového zástupu a zatížení kola, podstatně větší než při jeho vyheverování, pak dočasně „vymáčklo“ vnitřní kroužek ložiska až k dorazu s vnějším. Tím se však těsnému „zástupu“ kuliček nabídl větší prostor, který byl okamžitě využit a funkce ložiska mohla normálně pokračovat. A tak jednoduchou věc si „odborník“ uměl vysvětlit až při pohledu na to železo. Je až s podivem, že porucha klece ložiska neměla žádné vážnější následky. Zřejmě ani Murphyho zákony neplatí vždycky.

Druhý z autorů zase usilovně přepočítával deformace skříní podavačů uhlí. Výsledné vypočtené deformace se diametrálně lišily od stavu skutečně zdeformovaných skříní. Po dlouhém hledání chyb na výpočtářské straně a opakovaných prohlídkách stříběn-

kou natřených deformovaných skříní se čirou náhodou dozvěděl od pochůzkáře, že v rámci zlepšení ekonomických parametrů byly do uhlí přimíchávány usazené kaly z blízké chemičky, které zahofely již v podavačích. Před naběhnutím hasicích sprch měly skříně podle očitých svědků jasně růžovou barvu. Nápravná opatření spočívala v obnově vnějších nátěrů a po delším čase v objednávce posouzení deformací. Potom už nebyl problém v získání souhlasu výpočtů se skutečným stavem. Příklad je uveden proto, že sebevětší zkušenosti a znalosti jsou často k ničemu, když provozovatel zavarovaného zařízení není ochoten, nebo schopen poskytnout úplné a pravdivé údaje.

Tento příspěvek byl přednesen na semináři "Poruchy strojů a jejich prevence", ale nebyl zahrnut ve vydaném sborníku. Zájemci o sborník z uvedeného semináře si jej mohou vyzvednout na sekretariátu ASI a nebo si o něj mohou napsat.

ZPRÁVY Z ČINNOSTI ASI

Brněnský klub ASI v letošním roce navázal spolupráci s Jihomoravským inovačním centrem. Cílem spolupráce je zapojení široké strojařské odborné veřejnosti do inovačního dění v brněnského regionu. Níže uvedená informace představuje první prezentaci JIC v Bulletinu ASI.

Jihomoravské inovační centrum je na špičce v podpoře inovací

Na počátku vzniku nejuspěšnější organizace na podporu inovačního podnikání – Jihomoravského inovačního centra - a největšího technologického inkubátoru v České republice bylo odvážné politické rozhodnutí Jihomoravského kraje před zhruba třemi lety. Podpořil totiž rozvoj inovačního centra kraje investicí, která činila pět procent z jeho celkového ročního rozpočtu. „To kdyby investoval ze státní pokladny celý český stát, tak jsme s inovacemi někde úplně jinde,“ tvrdí Jiří Hudeček, ředitel Jihomoravského inovačního centra (JIC), které inkubátor spravuje. „Podařilo se nám dát dohromady většinu vysokých škol regionu, kraj a město. To je obrovské uskupení, které již

má váhu. A kraj stál za všemi našimi aktivitami a podporoval nás finančně,“ dodává.

Jihomoravské inovační centrum vzniklo v roce 2003 jako zájmové sdružení právnických osob. Hlavním smyslem práce JIC je vytvářet prostředí pro firmy s velkým potenciálem a podporovat jejich vznik a rozvoj. „Naším cílem je vytvoření komplexní infrastruktury pro podporu inovativního podnikání v regionu jižní Morava,“ uvádí Hudeček.

Druhým výrazným impulzem pro rozvoj JIC byl vstup České republiky do Evropské unie a tím otevření možnosti čerpat finanční zdroje ze strukturálních fondů. „Vstup do EU akceleroval všechny naše činnosti. Fondy jsou maximálně pozitivně nastaveny na budování právě takových inovačních center, jako jsme my. Z jedné jejich koruny uděláme tři,“ říká Hudeček.

Začátkem letošního roku Ministerstvo průmyslu a obchodu projekty v celkové hodnotě 300 milionů korun jejichž předkladateli jsou Jihomoravský kraj (JMK) a JIC. Tři čtvrtiny nákladů zaplatí Strukturální fondy Evropská unie. Projekty se týkají výstavby a provozu

budov Technologického inkubátoru VUT, Technologického inkubátoru II a specializovaného biotechnologického inkubátoru INBIT. Cílem projektů je rozšíření kapacit inkubačních ploch pro začínající inovativní firmy. Celkem vznikne do konce roku 2007 5,700 m² nové inkubační plochy zaměřené na podporu kvalitních projektů.

Technologický inkubátor VUT byl první velký počín JIC. Byl otevřen v září 2003, jako součást areálu Vysokého učení technického v Brně (VUT). Na rozloze celkem 1200 metrů čtverečních tam nyní sídlí přes dvacet inovačních firem. Jednou z výhod firem v inkubátoru je možnost čerpat mikropůjčku „od rodičů“, tedy od samotného JIC. Většinou v rozsahu od čtvrt do tři čtvrtě milionu korun. Díky dobré pověsti „svých“ firem má centrum rovněž již otevřená vrátka pro jednání s Českomoravskou záruční a rozvojovou bankou, poskytující úvěry především pro malé a začínající firmy, které by u komerčních bank ještě neměly šanci. „Věřím, že když se firmy na tuto banku obrátí naším prostřednictvím, mají větší šanci úvěr získat, protože dnes už povědomí je takové, že nejde o chiméru, ale solidní inovativní firmu,“ vysvětluje Hudeček.

Budoucnost je v biotechnologiích

Oblasti biotechnologií věnuje JIC velkou budoucnost. Proto již otevřel a provozuje ojedinělý biotechnologický portál www.gate2biotech.com. Podle Jiřího Hudečka zatím především mapuje domácí scénu, takže firmy se poznají, vědí, co která dělá, jakou má technologii, mohou si přes něj vyměňovat informace. Cílem je však rozšíření na středoevropský portál.

Portál obsahuje 46 kategorií, což pokrývá drtivou většinu biotechnologických oborů. Právě v těchto dnech JIC vydává biotechnologickou ročenku České republiky - Czech Biotech Report. Jedná se o zcela unikátní publikaci, první svého druhu v novodobé historii země, která přináší detailní přehled o odvětví biotechnologií v České republice s důrazem na biotechnologický průmysl a výzkum. Partnerem tohoto projektu, stejně jako v případě českého biotechnologického portálu Gate2biotech, je agentura CzechInvest.

Výročí 520 let brněnského knihtisku

V roce 1986 připomněl brněnský profesor Masarykovy univerzity M. Kopecký pětisté výročí vytištění první knihy v brněnské tiskárně. [1] Byla jím kniha *Agenda Olomucensis*, vytištěná 7. října 1486.

Byl to v té době čin průkopnický, protože byl v Brně využit vynález tiskařského Gutenbergova lisu v tomtéž roce jako v německém Stuttgartu, Münsteru a ve španělském Toledo. Brno realizovalo knihařskou výrobu před celou řadou tehdejších významných měst v Evropě:

- 1487 Rouen (Francie), Ingolstadt (Německo)
- 1488 Viterbo (Itálie)
- 1489 Lisabon (Portugalsko)
- 1490 Grenoble (Francie)
- 1491 Dijon, Orléans (Francie), Hamburg (Německo)
- 1493 Nantes (Francie), Freiburg (Německo), Urbino (Itálie), Lausanne (Švýcarsko), Kodaň (Dánsko)
- 1497 Avignon (Francie)
- 1498 Tübingen (Německo)
- 1499 Monserate (Španělsko)

Vyjmenovaná města představují centra tehdejší kultury, ovlivňované významnými církevními komunitami a hodnostáři, což se odrazilo pochopitelně ve skutečnosti, že většina prvotisků tisků měla náboženskou tematiku.



Gutenbergův tiskařský lis z roku 1439

Knih tisk měl velký význam na šíření vzdělanosti, uchovávání a předávání myšlenek.

Ve srovnání s ručně psanými originály knih a několika jejich ručně pořizovanými opisy ve 14. století, které byly uchovávány na hradech a klášterích, takže k nim měl přístup jen velmi omezený počet privilegovaných osob z řad feudálů a mnichů, představoval vynález knihtisku a jeho využití demokratizační prvek s mnohonásobně vyšším stupněm rozšíření.

Předávání znalostí v naší lidské společnosti tak postoupilo do významné další fáze a změnilo svoje paradigma [2]:

- Právěk - osobní zkušenost
- Starověk - ústní podání mistra
- Středověk - kniha jako nositel poznatků
- Novověk – škola jako základ vědění
- Budoucnost - virtuální university

Ve srovnání s právěkou, izolovanou osobní zkušeností jedince, kterou tak výstižně zachytil současný brněnský malíř Pavel Dvorský, mohlo lidstvo vykročit vstříc směrem v průmyslové revoluci.



P. Dvorský: Pračlověk otesávající pazourek

Pro nás je příznivá skutečnost, že České země v té době nijak nezaostávaly za tehdejší Evropou. Brno bylo v té době druhým městem po Plzni a rok před Prahou, kde se začalo u nás s tiskem knih. V Praze vznikly dokonce hned tři tiskárny.

Počátky knihtisku v Brně měly jistě velký vliv na vznik pozdější nedaleké ivančicko-kralické tiskárny, kde v Kralicích nad Oslavou byla vytištěna slavná Kralická Bible.

Na stoletou tradici tisku v Brně navázala také výroba moderních tiskářských strojů

V roce 1952 vznikly Adamovské strojírny v údolí řeky Svitavy nedaleko Brna v Adamově, které ze Zbrojovky Brno převzaly v roce 1954 výrobu tiskových strojů.



Prvním tiskovým strojem vyráběným v Adamově byl Zetaprinton 30. Během tří let se vyrobilo 1114 strojů. Od šedesátých let již následovala výroba tiskových strojů ROMAYOR a DOMINANT vlastní konstrukce, které úspěšně pronikly na světové trhy. Se stroji ADAST DOMINANT společnost rychle zareagovala na celosvětovou poptávku po konstrukčním pojetí tzv. lehkého ofsetu ve formátu A2.

V sedmdesátých letech byly podle požadavku světového trhu vyvinuty další tiskové stroje ADAST DOMINANT ve formátech B3 a B4. S tiskovými stroji ADAST DOMINANT 805 vstoupil výrobce později také do formátové třídy B2.

V současné době vyrábí společnost ADAST tiskové stroje ve formátech B2, A2, B3 a A3. V roce 2003 se stala vlastníkem společnosti ADAST investiční skupina Penta. Dosud se v Adamově vyrobilo 76 000 tiskových jednotek. V novém tisíciletí navazuje ADAST na svou dlouholetou tradici a zkušenost, ale jeho pohled je upřen hlavně do budoucnosti.

Společnost ADAST je největším výrobcem polygrafických strojů ve východní Evropě. Vyrábí jednobarvé stroje pro formát A3, dvou až pětibarvé pro formát B3, dvou až pětibarvé pro formát A2 a dvou až šestibarvé tiskové stroje pro formát B2. K tiskovým strojům je k dispozici rozsáhlé příslušenství. Nejdůležitějším je centrální řízení ADACONTROL - digitální řídicí systém určený pro ovládání tiskových strojů ADAST ve formátech B3, A2 a B2. Zařízení výrazně rozšiřují možnosti au-

tomatizace tiskového stroje, usnadňuje práci obsluze a snižuje časy pro přípravu zakázky. Dalším důležitým příslušenstvím je lakovací zařízení s horkovzdušným a IR sušením. Přídavná zařízení k tiskovým strojům ADAST pro in-line číslování, příčnou a podélnou perforaci, přítisk, rilování a řezání archů zvyšují produktivitu tiskárny a rozšiřuje škálu zakázek, které lze na tiskovém stroji ADAST realizovat při jednom průchodu archu.

Technický vývoj však dnes směřuje k elektronickým publikacím.[3]

Elektronickými knihami by podle vývojářů firmy Hewlett-Packard mělo být možné procházet podobně, jako listujeme knihou klasickou. Tato inovace má přesvědčit potenciální kupce a prezentovat e-booky jak téměř běžnou knihu.

Prezentované zařízení HP se zatím označuje jako Digital Media Viewer. Prototyp speciálně odlehčeného počítače má v tuto chvíli má velikost jako obyčejná otevřená kniha, rozlišení obrazovky je přibližně stejné jako u současných notebooků. Vlastní listování by se provádělo něčím na způsob současného touch padu. Nejde však o softwarové řešení elektronických knih na přenosném počítači, ale o speciálně zkonstruované jednoúčelové zařízení.

Firma Hewlett-Packard má k dispozici několik prototypů Digital Media Vieweru, nicméně na trhu je nabízet zatím nehodlá. Výrobce čeká na okamžik, kdy se podaří dosáhnout lepšího rozlišení a prodlouží se rovněž doba fungování na baterie.

Zdá se však, že vzdálenější budoucnost patří e-learningu a virtuálním univerzitám [2,4].

Aucklandská technologická univerzita (AUT) ve spolupráci s Aucklandskou univerzitou vyvinuli vývojovou utilitu pro e-learning. Podle Andrewa Higginse, ředitele e-learningu na AUT, si jí měsíčně stáhne na 7 000 lidí.

Projekt je dotovaný organizacemi Tertiary Education Commission a e-Learning Collaborative Development Fund, nazývá se eXe a je postaven na open source softwaru.

Program EXe nabízí prostředí, v němž by měli být vyučující sami schopni vytvořit obsahy pro e-learning, a to beze znalostí programo-

vání. Dovoluje učitelům na jejich stránkách kombinovat například textové dokumenty, videa, prezentace v PowerPointu a zadání úkolů. Dle Higginse je ideálním pro tvorbu virtuálních univerzit v zemích, kde finanční a jiná omezení nedovolují stavbu klasické vysoké školy.

Cílem projektu eXe je učinit tvorbu e-learningových materiálů pro učitele a akademický personál co nejsnazší a poté umožnit tyto materiály prostřednictvím systému dát k dispozici studentům.

Vývojáři eXe se pro open source rozhodli částečně z finančních důvodů, neboť taktó nemusejí najímat další programátory. Podněty a pomoc jim poskytují zdarma samotní lidé z open source komunity.

Higgins sepsal pro zavedení e-learningu směrnice, v nichž zkombinoval poznatky z dálkového vzdělávání i klasických vyučovacích metod. Pokyny dal k dispozici on-line a lidem umožňuje přidávat k nim vlastní nápady a aktualizovat informace. Tak chce docílit toho, aby se brzy nestaly zastaralými a neužitečnými.

Kromě projektu eXe Andrew Higgins pracuje ještě na jednom open source systému, který studentům slouží pro uchovávání studijních materiálů tak, aby k nim vždy měli přístup. Tento systém bude posléze možno provázat s eXe.

1. Kopecký, M.: K 500. výročí knihtisku v Brně. Z Kralické tvrže č. XIII, 1986, str.8 – 14
2. Lacko, B.: Virtuální univerzity v informační společnosti. In: Sborník XXXVII. Vědecké konference o systémovém inženýrství SI 2005. Univerzita Hradec Králové 2005, str. 91-96
3. Hauser, P.: Elektronické knihy podle HP . Computerworld (on.line) ze dne 2.6.2003
4. Khudhur, .P: E-learning a virtuální univerzita. Computerworld č. 13/2006, str.5.

B. Lacko, Klub ASI - VUT Brno

ASME konference TURBO EXPO 2006

V Barceloně se konala ve dnech 8.-11. května 2006 mezinárodní konference o turbostrojích, kterou každoročně pořádá American Association of Mechanical Engineers (ASME) střídavě na americkém kontinentě a v Evropě. Konference je rozsáhlým podnikem sestávajícím z technického kongresu a z výstavy se stánky společností činných v podnikání v oblasti turbostrojů. Technický kongres je věnován přednáškám a panelovým diskusím. Souběžně ke kongresu probíhají zasedání sedmnácti výborů zaměřených na odborná témata programu kongresu. Tyto výbory zřizuje a řídí International Gas Turbine Institute (IGTI) v Atlanta – USA. IGTI zajišťuje celkovou odbornou náplň a úroveň kongresu.

Jmenujme některé výbory a odborná zaměření kongresu:

- Aircraft Engine
- Coal, Biomass & Alternative Fuels (CBAF - M. Šťastný je členem a podílel se na jednání výboru)
- Combustion & Fuels
- Cycle Innovations
- Education
- Electric Power
- Heat Transfer
- Microturbines & Small Turbomachinery
- Structures & Dynamics
- Turbomachinery

Do budoucnosti se počítá se zavedením nového tématu: H2 Production & CO2 Capture.

V rámci kongresu bylo předneseno 794 přednášek, které prošly oponentním řízením, když původně autoři nabídli 1332 příspěvků. Na téma CBAF bylo předneseno 20 referátů. Z celkového počtu 52% referátů pocházelo z akademických pracovišť, 26% z průmyslu a 8% z vládních institucí. Zajímavé je, že 43% příspěvků bylo z Evropy a 35% z USA. Když je konference pořádána na americkém kontinentu, tak tomu bývá údajně naopak. Asi 15% vybraných referátů je po konferenci opublikováno ještě v časopise Transactions of the ASME v USA. Nebylo samozřejmě možné zúčastnit

se všech přednášek a panelových diskusí, protože probíhaly ve 28 sekcích. Zmíníme se proto jen o některých zajímavých i z pohledu české energetiky a průmyslu.

Perspektivami energetiky se zabývala řada přednášek a panelové diskuse zaměřené zejména na problematiku tzv. „technologie čistého uhlí“ (CCT – Clean Coal Technology), která je v posledních letech považována za strategickou záležitost a je silně podporována v USA i na vládní a prezidentské úrovni. Je tomu tak proto, že uhlí je domácím zdrojem energie, v podstatě nezávislým na světové politice a dále proto, že při zplyňování uhlí lze souběžně produkovat elektrickou energii s vysokou tepelnou účinností v IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) a získávat vdík jako palivo pro motory v dopravě a v ostatních průmyslových odvětvích. Problematiku CCT a IGCC sleduje v USA vládní úřad U.S. Department of Energy (DOE) a jeho oddělení Office of Fossil Energy. Tato instituce vystoupila na kongresu s pozoruhodnými přednáškami o strategii CCT.

Problematikou IGCC se zabývala rozsáhlá panelová diskuse, v jejímž rámci byly zveřejněny zkušenosti s provozem evropských demonstračních elektráren se zplyňováním uhlí ve Španělsku (Puertollano) a v Belgii (Buggenum). Jednalo se rovněž o využití zplyňování zbytků po rafinaci ropy (několik takových elektráren je v Itálii) a odpadu, včetně biomasy. S tematikou spalovacích turbín pro IGCC vystoupili rovněž zástupci hlavních světových výrobců, společnosti Siemens, NSR a General Electric, USA. Stávající demonstrační elektrárny s IGCC a se starými spalovacími turbínami mají tepelnou účinnost 41 – 43% a u nově postavených se současnými spalovacími turbínami se očekává tepelná účinnost na úrovni 46 – 47%.

Rozsáhlá pozornost byla v řadě přednášek věnována zvyšování termodynamické účinnosti turbín a axiálních kompresorů pomocí optimalizace třírozměrného tvaru lopatek s využitím počítačů. Předmětem zájmu byla parametrizace tvaru lopatek, různé metody optimalizace, interakce proudění ve statorových a rotorových lopatkových mřížích apod. Uváděly se rovněž zajímavé informace o změnách tvaru lopatek

při dlouhodobém provozu způsobených erozí a o související spolehlivosti a životnosti lopatek.

Česká republika byla na kongresu zastoupena třemi přednáškami:

1. Cyrus V., Polanský J. Unsteady Flows in the Last Stator Rows of Axial Compressor of Gas Turbine Working in Coal Gasification Combined Cycle.
2. Kynčl J., Patočka J. Reconstruction of the Control Systems of 6MW Turbosets in Compressor Station Kralice and Kouřim.
3. Veselý S., Zakharov Y.I., Soudarev A., Vinogradov E.D. Environmentally Friendly Update of Gas Turbines on Gas Transmission Lines.

Další čeští spoluautoři byli uvedeni na přednáškách připravených institucemi z cizích států.

Výstava byla tentokrát menší, než tomu bývalo v minulosti. Rozsáhlý stánek měl americký vládní úřad DOE. Rozšířil se počet společností, které nabízejí software pro turbínářskou problematiku. Z tradičních jmenujme ANSYS (Fluent), NUMECA International a Engineous Software. Na výstavě jsme nezaznamenali účast žádné české společnosti.

Konference se konala v nově vybudovaném Barcelona International Convention Center v blízkosti mořského pobřeží, bez viditelných reklam a za přísných bezpečnostních opatření. Bližší informace o konferenci naleznete na internetových adresách www.turboexpo.org nebo <http://igt.asme.org>. Další ASME konference TURBO EXPO 2007 se bude konat v Montrealu v Kanadě 14. – 17. května 2007.

*Prof. Ing. Miroslav Šťastný, DrSc.,
Ing. Jiří Polanský, PhD.*

Západočeská univerzita v Plzni

SPOLEČENSKÁ KRONIKA ČLENŮ ASI

Ing. Jan HAVELKA, předseda Senátu ASI oslavil své 70tín

Ing. Jan Havelka se narodil 26.6.1936 v Praze v rodině technického ředitele Pražské obecní plynárny Dr. Ing. Miloslava Havelky a Jaroslavy Havelkové, roz. Jirákové.

Absolvoval postupně základní školu, gymnázium (maturita v r. 1954) a v roce 1959 obhájil diplomovou práci a ukončil studium na ČVUT Praha, fakultě elektrotechnické, specializace elektrické pohony. Dosáhl tak kvalifikace elektrotechnického inženýra Qa.

Od roku 1960 pracoval v ČKD Praha, kde postupně zastával místo vedoucího projekční skupiny, později oddělení, a od roku 1986 vedoucího projekčního odboru v ČKD Dodavatelско-инженерском závodě. Jednalo se o projektovou činnost pro investiční výstavbu, původně zaměřenou na projekty el. pohonů, od roku 1976 na projekty rozsáhlých počítačových systémů pro řízení technologických procesů. Součástí řízených technologických procesů byly zejména kompresory, plynové turbíny a velké elektrické motory, které tak dokonale poznal. Největšími stavbami, na kterých pracoval, byly atomo-

vá elektrárna A1 v Jaslovských Bohunicích a kompresní stanice na plynovodu Transgaz.

Od 2/90 zastával funkci technického náměstka ředitele ČKD-DIZ. V dubnu 1990 byl na základě výsledku konkurzu jmenován generálním ředitelem ČKD Praha. Tuto funkci zastával do 7/94. Od 4/91 zastával zároveň funkci předsedy představenstva ČKD Praha HOLDING, a.s.

Po dokončení privatizace ČKD Praha HOLDING a.s. z tohoto podniku odešel a věnoval se soukromé podnikatelské činnosti v oblasti projektování a poradenství.

Od roku 1942 byl 12 let členem Vědecké rady Národního technického muzea a předsedou Senátu Asociace strojních inženýrů (při ČVUT Praha). Od roku 1993 do roku 1999 byl členem představenstva Hospodářské komory ČR (kde určitou dobu předsedal energetické sekci).

V mládí pěstoval závodně lehkou atletiku, později orientační běh a od roku 1960 se začal stále více angažovat v organizování turistiky. V roce 1990 se zasloužil o znovuoživení činnosti Klubu českých turistů a od roku 1991 je jeho předsedou (druhým po znovuoživení, desátým od založení v roce 1888).

V roce 1994 byl zvolen na kongresu Evropské turistické asociace (něm. EWV, ang. ERA) v Saarbrückenu jejím třetím místopředsedou, na kongresu ve finském Vuokatti v roce 1997 byl zvolen předsedou této významné evropské organizace, sdružující více než stovku turistických spolků z 27 zemí Evropy. V září 2005 byl zvolen potřetí na další čtyři roky.

V letošním roce, po 15 letech ve funkci předsedy KČT, již na tuto funkci nekandidoval. Byl zvolen čestným předsedou KČT.

Za svoji činnost v oblasti turistiky obdržel postupně obě nejvyšší česká vyznamenání (Čestný odznak Vojty Náprstka a Plaketu arch. Vratislava Pasovského), v roce 2002 francouzské státní vyznamenání „Zlatou medaili turismu“ za přínos pro francouzskou turistiku, v letošním roce pak nejvyšší německé turistické vyznamenání „Medaili Dr. Karl Carstense“ (bývalý spolkový prezident) za mimořádné zásluhy o německou turistiku.

Od roku 1967 postupně publikoval řadu odborných článků a textů a to jak v oblasti svojí technické činnosti, tak i v oblasti turistiky. Pronesl řadu odborných přednášek, v posledních letech orientovaných spíše do oblasti obchodně-ekonomické a turistické.

Do dalších let hodně energie a zdraví
přeje výbor

K osmdesátinám Ing. Josefa Bráblíka, CSc.

Opět jeden z kmenových pracovníků ČKD. Začínal v ČKD Lokomotivka ve výzkumném oddělení řízeném Ing. Jaroslavem Němcem a dalšími význačnými pracovníky, jako Ing. Oktávem a Ing. Trnkou.

Abychom se neopakovali, po jeho 75. narozeninách jsme ve společenské kronice členů ASI v čísle 26 str.21 uvedli základní údaje z jeho životopisu, ale nezmínili jsme se, jak jeho odborných znalostí jsme využívali při řešení problémů při uvádění našich výrobků do provozu u zákazníků.

Jedním z nich byl propanový turbokompresor GRETA, který, aby byl hezký na Mezinárodním strojírenském veletrhu v Brně, tam byl odeslán bez vyváženého rotoru. Po skončení veletrhu byl z iniciativy pracovníků poslán přímo k zákazníkovi.

Co při uvádění do provozu dělal kompresor s nevyváženým rotorem, si každý odborník umí představit. Situace byla o to horší, že zákazník chtěl vrátit všech 25 strojů. Nakonec vše bylo úspěšně vyřešeno a stroje pracovaly ke spokojenosti zákazníka. To byly naše problémy, kdy jsme znali vše potřebné pro rozhodování. Byly však situace, kdy inženýr Bráblík byl postaven před úkol řešit dynamiku turbokompresorů zahraničního dodavatele ve firmě Slovnaft, a i tento úkol pod jeho vedením byl vyřešen.

Nyní již jako 80 letý odborník je dlouholetým členem našeho výboru a dbá na dodržování legislativy našich stanov. Doufáme, že i nadále mu zdravotní stav dovolí, aby ještě dlouho byl platným členem výboru.

Proto mu všichni přejeme hodně zdraví a pohody jak v rodině, tak i mezi kamarády ve výboru.

*Za výbor
Václav Daněk*

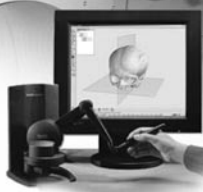
K osmdesátinám Ing. Jiřího Šafáře, CSc.

S potěšením konstatujeme, že kolega, spolupracovník Jiří Šafář se v plné síle dožívá těchto narozenin. Je to však již 5 let, co k jeho 75. narozeninám jsme otiskli jeho Curriculum vitae v 27. čísle našeho bulletinu na straně 24. Je to až k neuvěření, že je to již 5 let, a tak musíme pochválit Jiřího za jeho vitalitu i obětavost, že neváhá přiložit ruku k dílu pro Asociaci. Je stálým členem výboru a ve funkci jednatele zaznamenává vše ze zasedání výboru, z valných výročních schůzí i ze zasedání senátu. Vždyť co je psáno, to je dáno, a vždy se najde v zápisech. Najde si čas i na účast pořádaných technických úterků i zajímavých seminářů.

Navíc, když některý závod potřebuje pomoc ve zvyšování výkonu v oblasti objemových kompresorů, zaloví v paměti a vypracuje návrh, za který by se nemusel stydět ani světový odborník, je to výsledek tvrdé školy pracovníků ČKD.

Milý Jiří, přejeme Ti ještě hodně zdraví do dalších let, hodně sil, aby kromě jiných funkcí Ti zbyla energie na výbor Asociace.

*Za výbor
Václav Daněk*



Space To Space

Moderní technologie pro Vaši společnost

- : Design a vizualizace** - interaktivní dotykový systém PHANTOM pro rychlý design 3D modelů - produkt firmy SensAble (USA)
- : Rapid Prototyping** - 3D tisk přesných a pevných prototypových modelů na zařízení DIMENSION - technologie firmy Stratasys (USA)
- : 3D digitalizace a měření** - progresivní technologie pro velmi přesnou, bezdotykovou optickou 3D digitalizaci a měření - zařízení ATOS od firmy GOM (Německo)
- : Technologie pro NC obrábění** - vysoce kvalitní technologie pro 3 až 5ti osé obrábění digitalizovaných a CAD dat - produkt firmy TEBIS (Německo)

Nabízíme Vám ještě mnoho dalších doplňujících produktů, zaměřených na progresivní vývoj nových výrobků.



MCAE Systems, s.r.o., Knínická 1771, 664 34 Kuřim u Brna
tel. +420 549 128 811, fax +420 549 128 812, mcae@mcae.cz

www.mcae.cz



Asociace inovačního podnikání ČR



Inženýrská akademie ČR



Český svaz vědeckotechnických
společností

Vás zvou na

inovace 2006

Týden výzkumu, vývoje a inovací v ČR

5. – 8. 12. 2006

Součástí Týdne bude:

- * 13. ročník mezinárodního symposia
- * 13. ročník mezinárodního veletrhu
invencí a inovací
- * 11. ročník Ceny Inovace roku 2006

Místo konání:

Praha a další místa ČR