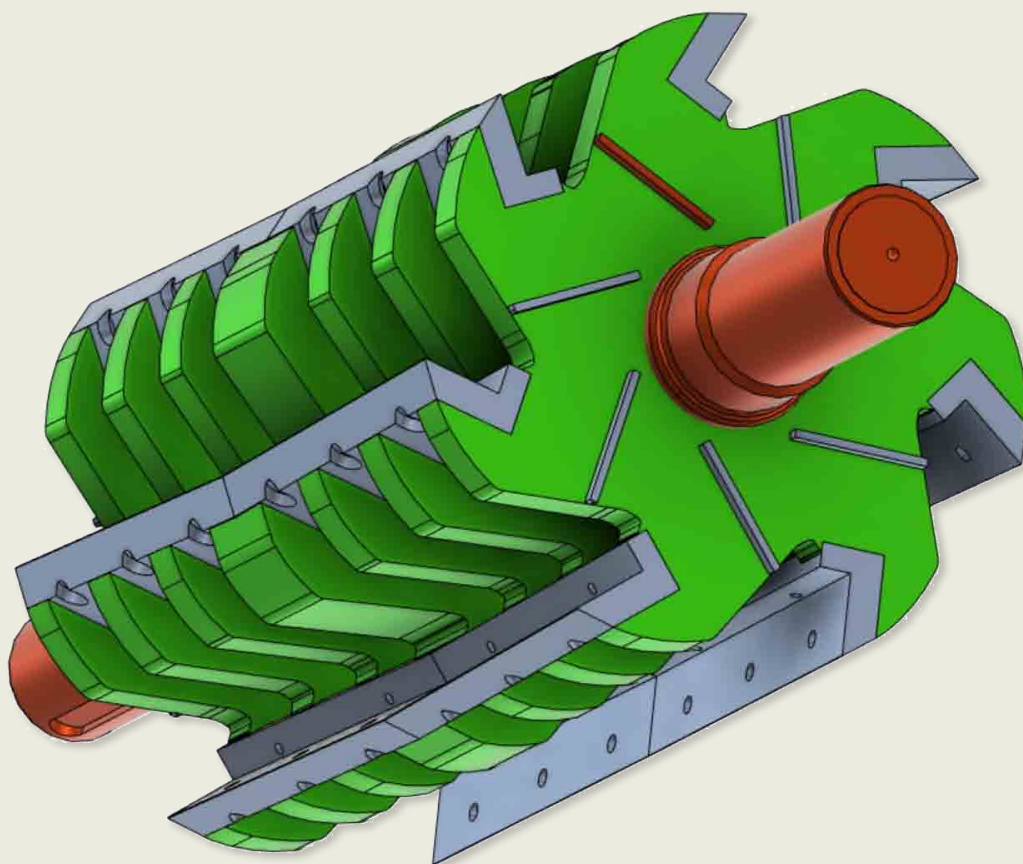




# Zváranie

2 • 2022 VYDÁVA VÝSKUMNÝ ÚSTAV ZVÁRAČSKÝ

**Svařování**



12

## Hľadať spoločné riešenie

To je podľa Jiřího Svobodu recept na úspešný obchodný vzťah

08

## Reverzný inžiniering a aditívna výroba

V čom spočívajú techniky reverzného inžinieringu? Ako o ňom premýšľať?

12

## Konferencia Kvalita vo zváraní 2022

Profesionáli sa po pandemickej prestávke konečne stretli aj osobne

28

# Obsah

04

FOTOTÉMA  
**Vo VÚZ bola nainštalovaná nová korózna slučka**

06

PROJEKT  
**Akustická emisia**

07

KONFERENCIA  
**Národné fórum údržby 2022**

08

ROZHOVOR  
**Rozhovor s obchodným riaditeľom VÚZ Jiřím Svobodom**

12

ODBORNÝ ČLÁNOK  
**Možnosti reverzného inžinieringu a aditívnej výroby**

17

NORMY  
**Nové technické normy a zrušené technické normy**

18

ODBORNÝ ČLÁNOK  
**Iniciácia korózie pod napätím rozvážacieho kolesa hlavného cirkulačného potrubia jadrovej elektrárne**

22

KONFERENCIA  
**Na fóre údržby aj o reverznom inžinieringu**

23

ODBORNÝ ČLÁNOK  
**Svařování ocelové konstrukce pro žárové zinkování**

26

ROZHOVOR  
**Kam sa uberá technické vzdelanie a spolupráca s priemyslom?**

28

KONFERENCIA  
**XX. ročník konferencie Kvalita vo zvrání 2022**

32

KONFERENCIA  
**XII. ročník konferencie Bezpečnost technických zařízení**

34

ZSVTS  
**Študentská vedecká konferencia MTF Trnava**

36

ZSVTS  
**Študentská vedecká konferencia SPU Nitra**

37

JUBILEUM  
**Ing. Pavel Florian oslávil 80 rokov**

38

SERIÁL  
**Zváračská škola na Strojnickej fakulte Technickej univerzity v Košiciach**

39

VZDELÁVANIE  
**Ponuka vzdelávania v kurzoch VÚZ**

40

POZVÁNKA  
**XIII. ročník konferencie Národné dni zvrání**



**Obrázok na titulnej strane**

Model poškodeného drviča, ktorý bol vytvorený reverzným inžinieringom na základe 3D skenu  
zdroj: VÚZ

PRÍHOVOR

## Nech máme všetci veľa energie

**V**ážení čitatelia.

Prvý šesť mesiacov roku 2022 ubehlo veľmi rýchlo. Radosť z prekonania covidového obdobia zatienila vojna na Ukrajine, následné sankcie voči Rusku a skokový nárast cien nielen energií, ale aj surovín a polotovarov. Trh, na ktorom sa pohybuje aj Výskumný ústav zväračský, musel logicky reagovať úpravou cien a zmenou distribučných refazcov. Našťastie všetci naši strategickí partneri situáciu zvládajú a naša spolupráca pokračuje aj v tomto neľahkom období na dlhodobých projektoch ale aj na projektoch, ktoré súčasné obdobie vyvolalo.

Chcem však pokračovať v pozitívnom duchu. Konferencia „Kvalita vo zvrání“, ktorej už 22. ročník zorganizoval VÚZ v dňoch 3. až 5. mája 2022 v Tatranskej Lomnici, prekonala všetky očakávania. Bezmála 260 odborníkov z oblasti zvrání a príbuzných procesov strávilo 2,5 dňa naplnených odborným prednáškami a neformálnymi diskusiami. Hľad po nových poznatkoch a informáciách zo strany odbornej obce bol po covidovom období očividný. Pozitívne ohlasy sme dostali aj na upravený formát odborných prednášok, ktoré sme sa snažili striktné oddeliť od prednášok komerčných. Tradične veľmi silný bol aj blok vystavovateľov.

Už sa na vás všetkých tešíme na 13. ročníku konferencie „Národné dni zvrání

2022“, ktorá sa bude konať v dňoch 5. až 7. októbra 2022 v hoteli Grand Jasná v Demänovskej Doline. Pripravujeme pre vás odborný program s viacerými novinkami, ktoré ešte zvýšia odbornú úroveň konferencie.

Poprajme si všetci do druhého polroka 2022 veľa zdravia a energie, ktorú budeme všetci v neľahkých časoch potrebovať.

**Ing. Peter Brziak, PhD.**  
riaditeľ pre výskum a vývoj



”

Hľad po nových poznatkoch a informáciách zo strany odbornej obce bol po covidovom období očividný. Pozitívne ohlasy sme dostali aj na upravený formát odborných prednášok, ktoré sme sa snažili striktné oddeliť od prednášok komerčných.

## Zváranie

Svařování

Časopis zameraný na výskum a vývoj v oblasti zvrání a príbuzných technológií. • **71. ročník** • ISSN 0044-5525 • Evid. č. MK SR EV.203/08 • **Vydáva:** Výskumný ústav zväračský (IČO 36 065 722), člen medzinárodných organizácií International Institute of Welding (IIW) a European Federation for Welding, Joining and Cutting (EWF) • **Séfredaktor:** PhDr. Robert Kiss  
**Predsedá redakčnej rady:** Ing. Peter Brziak, PhD. • **Redakčná rada:** Ing. Pavol Radič, PhD., Ing. Beáta Machová, Ing. Miroslav Jáňa, PhD., Ing. Pavol Beraxa, PhD., prof. Ing. Pavol Sejč, PhD., Ing. Jaroslav Kováčik, PhD., doc. Ing. Miloš Mičian, PhD., prof. Ing. Janette Brezinová, PhD., prof. Ing. Jaromír Drápala, CSc. • **Adresa redakcie a inzercia:** Výskumný ústav zväračský, Račianska 71, 831 02 Bratislava 3 • e-mail: redakcia.zvarania@vuz.sk • www.vuz.sk • **Grafická úprava:** www.firmnecasopisy.sk • **Tlač:** Alfa print, s.r.o. • Odborné články sú recenzované, za obsahovú správnosť inzercie zodpovedá jej zadávateľ • Časopis vychádza 4-krát ročne a je distribuovaný bezplatne • Toto číslo časopisu vyšlo v júli 2022



# Nová korózna slučka

VO VÝSKUMNOM ÚSTAVE ZVÁRAČSKOM bola v máji nainštalovaná nová **laboratórna recirkulačná korózna slučka**, ktorá predošlú verziu prekonáva v niekoľkých parametroch. VÚZ toto svetovo unikátne zariadenie využíva na simuláciu viacerých korózných prostredí v jadrovej energetike, chémii a petrochémií. Unikátnosť spočíva v tom, že slučka je schopná pracovať s viacfázovými médiami (kvapalina, plyn), ktoré sa často nachádzajú v petrochemických prevádzkach ale aj so superkritickou zložkou (teplota a tlak, nad ktorými je hustota kvapalnej a plynnej zložky identická), ktorá je zas súčasťou moderných energetických zariadení.

**Slučka sa skladá z dvoch častí:**

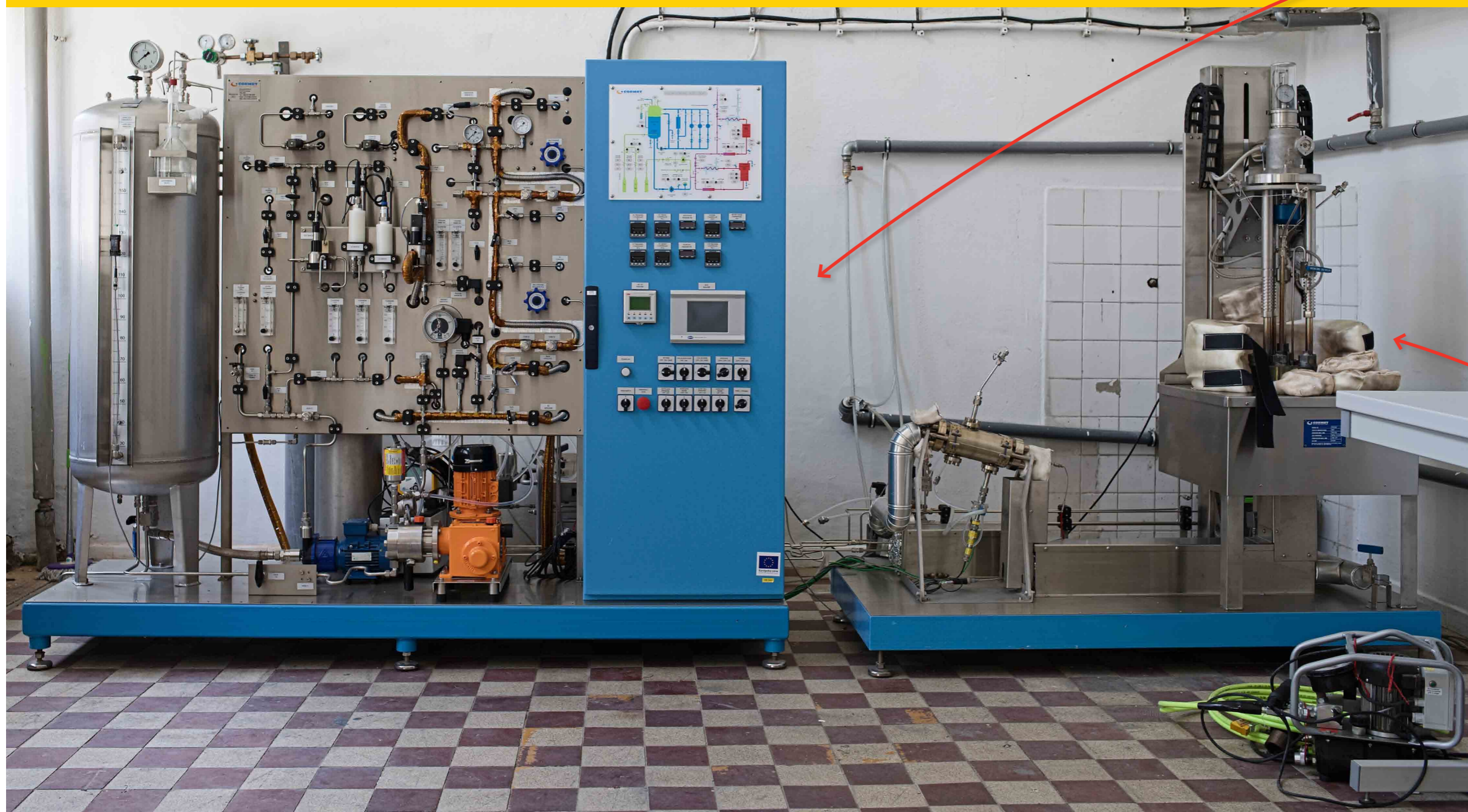
**1.** V nízkotlakej časti sa pripravuje a monitoruje korózne médium. Modulárne usporiadanie vstupov na médiá umožňuje veľkú flexibilitu média a jeho

parametrov. Táto časť slučky je osadená súborom meracích zariadení, ktoré monitorujú aj elektrochemickú aktivitu média.

**2.** Na koróznú slučku nadväzuje vysokotlaková časť (autokláv), v ktorej cirkuluje pracovné médium pripravené v nízkotlakej časti. Maximálne prevádzkové parametre sú 655 °C a 37 MPa. Na autokláv sú napojené prístroje na skúšky pevnosti a skúšky korózneho praskania s pomalou rýchlosťou deformácie. V autokláve sa dajú realizovať aj všetky expozičné korózne skúšky.

Aktuálne je slučka nakonfigurovaná na testovanie v médiu s charakterom primárnej vody (teplota, tlak, chémia vody, rozpustené plyny) v jadrových reaktoroch typu VVER-440 pre účely spoločného projektu VÚZ a SE a.s.

(red)



## VÝHODY RECIRKULAČNEJ SLUČKY

- » udržiava testovacie prostredie okolo vzorky
- » rozpustené častice korózie neovplyvňujú chémiu testovacieho prostredia
- » testovanú vodu je možné čistiť v iónomenci, článku UV lampy a filtra s aktívnym uhlím
- » koncentrácia rozpusteného plynu sa môže udržiavať v akumulačnej nádrži
- » chémiu vody je možné monitorovať a kontrolovať online
- » môže vykonávať expozičné testy a mechanické skúšky

## MECHANICKÉ TESTOVACIE ZARIADENIE 25 KN PRIPOJENÉ NA AUTOKLÁV:

- » testy pomalej deformácie, testy konštantného zaťaženia a cyklickej únavy
- » expozičné testy za prevádzkových podmienok: 655 °C / 37 MPa
- » elektrochemické merania do 300 °C / 18 MPa
- » cirkulácia plynného oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) cez autokláv



# Akustická emisia

VÚZ aktuálne rieši projekt APVV (APVV-20-0442) s názvom „Výskum metód akustickej emisie na rozpoznanie odoziev fázových premien v kryogénnych tlakových nádobách“. Doba riešenia projektu je 36 mesiacov.

## CIEĽ PROJEKTU:

Primárny cieľ predkladaného projektu je vyvinúť, overiť a úspešne aplikovať kvalitatívne nový prístup skúšania tlakových nádob akustickou emisiou. Táto metodika posunie limity súčasného štandardného testovania AE a bude schopná odlišiť fázové premeny od relevantných degradačných mechanizmov, bez potreby nasadenia doplnujúcich, časovo náročných NDT analýz. V prípade úspešnej realizácie projektu bude vyvinutá metodika predstavovať absolútnu špičku v oblasti hodnotenia tlakových celkov metódou AE s veľkou perspektívou okamžitej aplikácie v praxi na Slovensku i v zahraničí.

## MOTIVÁCIA RIEŠENIA PROJEKTU:

V nadnárodnej rafinárskej spoločnosti došlo k prerušeniu nábehu výroby na výrobné jednotke. Kompetentní pracovníci nariadili prerušenie nábehu na základe vyhodnotenia výsledkov merania akustickou emisiou (AE) počas tlakovej skúšky austenitickej kryogénnej tlakovej nádoby. Renomovaná zahraničná firma s dlhoročnými skúsenosťami v oblasti skúšania AE označila online nálezy v zmysle Normy STN EN 14584 stupňom 3 (kriticky závažná pre integritu nádoby) s tým, že s vysokou pravdepodobnosťou ide o prejav aktívnych trhlin. Firma dodržala štandardizovaný postup v absolútnom súlade s normou STN EN 14584 a napriek tomu vyradila prevádzkyschopnú tlakovú nádobu. Uvedený prípad teda poukázal na nedostatky a limity štandardného, normalizovaného a celosvetovo používaného postupu testovania tlakových nádob pomocou AE.

Predmetná norma v takomto prípade nariaďuje identifikáciu pôvodu nálezov doplnujúcimi NDT metódami. NDT analýzy a nedeštruktívna metalografická analýza nádoby, ako aj mechanické skúšky materiálu veka nádoby (identická tavná ako aj doba prevádzky), nepotvrdili indikácie AE. Naopak, označili užitočné vlastnosti materiálu ako vyhovujúce. Odozvy AE boli priradené lokálnym martenzitickým transformáciám (MT), ktorým daný materiál prirodzene podlieha, a neboli prejavom trhliny, či iných defektov. Nádoba, ako aj celá výrobná jednotka boli po 4 dňoch uvedené do prevádzky. Toto oneskorenie malo však za následok priamu finančnú stratu cca. 2 milióny eur denne; čo otvorilo otázku, ako predísť takejto situácii v budúcnosti.

## AKUSTICKÁ EMISIA

Terminom akustická emisia je označovaná NDT metóda, ktorá sa v priemysle využíva na detekciu a lokalizáciu vln, vybudovaných rôznymi aktívnymi degradačnými procesmi. AE je schopná zachytiť elastické napätové vlny generované v materiáli pri náhlej zmene vnútorných napätí, napríklad pri tvorbe nových povrchov (šírenie trhliny). Tieto vlny sa šíria materiálom a sú snímané kontaktnými piezo-keramickými snímačmi v sieti meracích bodov na konštrukcii. Signály zo snímačov obsahujú komplexné informácie o prebiehajúcich dejoch. Sú privádzané do vyhodnocovacieho zariadenia kde sú filtrované, digitalizované a analyzované. Spracovanie signálov (post processing) je kľúčovým faktorom, rozhodujúcim o množstve a relevantnosti získaných informácií. Skúšanie AE je normalizované viacerými technickými normami: STN EN 1330-9, STN EN 13477, STN EN 13554, STN EN 14584, STN EN 15495, STN EN 15856. AE sa používa pri online monitorovaní tlakových celkov pri ich nábehu do výroby. Pri najkritičnejších zariadeniach z hľadiska možného dopadu havárie sa AE použí-

va online. Metóda AE je nepostrádateľná pre vyšetovanie kinetiky deformácie a poškodení.

## VÝHODY AKUSTICKEJ EMISIE:

AE je v súčasnosti jedna z najvhodnejších metód na hodnotenie integrity tlakových nádob a to hlavne vďaka jej „relatívnej“ spoľahlivosti, ako aj skutočnosti, že pri jej aplikácii nedochádza k zásahu do integrity tlakového celku. AE vyhodnocuje odozvu celej tlakovej nádoby. Je to 100 % objemová metóda a je možné ju nasadiť ako on-line monitoring počas prevádzky. V mnohých prípadoch nahrádza zákonom predpísanú úradnú tlakovú skúšku. Dokáže detegovať dynamické/aktívne defekty, získať informácie o aktívnej korózii, sledovať rozvoj trhlin a vo všeobecnosti prispievať k hodnoteniu životnosti a celistvosti tlakových nádob.

## NEVÝHODY AKUSTICKEJ EMISIE:

Najväčšia nevýhoda priemyselného využitia AE je absencia identifikácie typu zdroja – deteguje významné zdroje, ktoré ale nemusia vždy pochádzať z defektov. Ďalšia nevýhoda je možnosť detekcie iba aktívnych dejov, čo však vyplýva z podstaty AE a nedá sa eliminovať.

Na základe uvedeného vyplýva jednoznačná potreba doplnenia klasických výstupov z meraní AE, akými sú detekcia existencie emisnej aktivity a jej lokalizácia, o identifikáciu typu zdroja, resp. separáciu odoziev fázových premien od relevantných signálov.

Preto VÚZ navrhuje nový a svetovo unikátny prístup k priemyselnému hodnoteniu tlakových nádob pomocou AE, ktorý kombinuje praktické benefity pokročilejšej analýzy signálov s jednoduchosťou a realizovateľnosťou štandardného prístupu.

Opis navrhovanej metodiky riešenia projektu, opodstatnenosť jej výberu a miera schopnosti splniť deklarované ciele: Nami predkladaný prístup k priemyselnému hodnoteniu meraní AE sa zakladá na najnovších a súhrnných poznatkoch z oblasti: materiálového výskumu fázových premien v austenitických oceliach; výskumu AE fázových premien; výskumu šírenia vln AE, resp. vplyvov na detegovaný signál; a štandardizovaných postupov hodnotenia tlakových nádob AE. Zároveň sa opierame o najnovšie možnosti výpočtovej techniky, pričom celá metodika riešenia projektu je volená s ohľadom na realizovateľnosť; zachovanie všetkých normou predpísaných požiadaviek a výstupov; získanie pridaných informácií o zdrojoch AE, resp. separáciu odoziev fázových premien od relevantných signálov; spresnenie lokalizácie zdrojov; detekciu aj menej intenzívnych zdrojov – včasnejšie varovanie.

Projekt bude realizovaný v troch hlavných etapách: laboratórnej, semi-laboratórnej a skúškach na reálnej tlakovej nádobe skúšobným systémom VÚZ určeným na tlakové skúšky tlakových nádob. Obr. 1 popisuje riešenie prvých troch jednotlivých etáp, ako aj ich prepojenie a komunikačné toky počas celého riešenia projektu.

Celé riešenie projektu bude vychádzať z už zrealizovaného pilotného výskumu, t. j. z výsledkov laboratórneho výskumu, vyvinutého softvéru a navrhnutých metodických postupov.

## ETAPA 1: SKÚŠKY NA LABORATÓRNYCH VZORKÁCH

V laboratórnej etape bude spresnený rozsah kritických exponentov pri širokej škále experimentálnych podmienok a použitá k-means klaster analýza dát. Bude vytvorená databáza AE signálov MT v oceli AISI 304 a popísané vlastnosti signálov v širokom rozsahu podmienok. Plánujeme vykonať 150-200 fázových skúšok vzoriek rôznych geometrií a veľkostí pri štyroch rýchlostiach deformácie v rozsahu od  $10^{-1} \text{ s}^{-1}$  po  $10^{-4} \text{ s}^{-1}$ . Skúšky budú prebiehať pri laboratórnej teplote a znížených teplotách v predpokladanom rozsahu od  $21^\circ \text{C}$  do  $-30^\circ \text{C}$ .

MT bude vyvolaná aj podchladením vzoriek v kvapalnom dusíku. Porovnávané budú vzorky rôznych geometrií, ale najmä rôznych tepelných spracovaní – komerčné vzorky v dodanom stave, žihané vzorky a vzorky scitlivé pri rôznych teplotách a dobách scitlivenia. Keďže mechanizmy MT (a objem martenzitu) v danej oceli výrazne závisia na tepelnom spracovaní, takouto experimentálnou metódou dokážeme popísať vlastnosti signálov jednotlivých mechanizmov. Okrem AE indukovanej MT budeme vyšetovať aj šírenie vln prostredníctvom stimulovanej AE na laboratórnych vzorkách (tyčiach a doskách). Pri analýze signálov pre širokú škálu laboratórnych experimentálnych podmienok bude ladený vo VÚZ vyvinutý softvér na popis šírenia vln a korekciu parametrov AE.

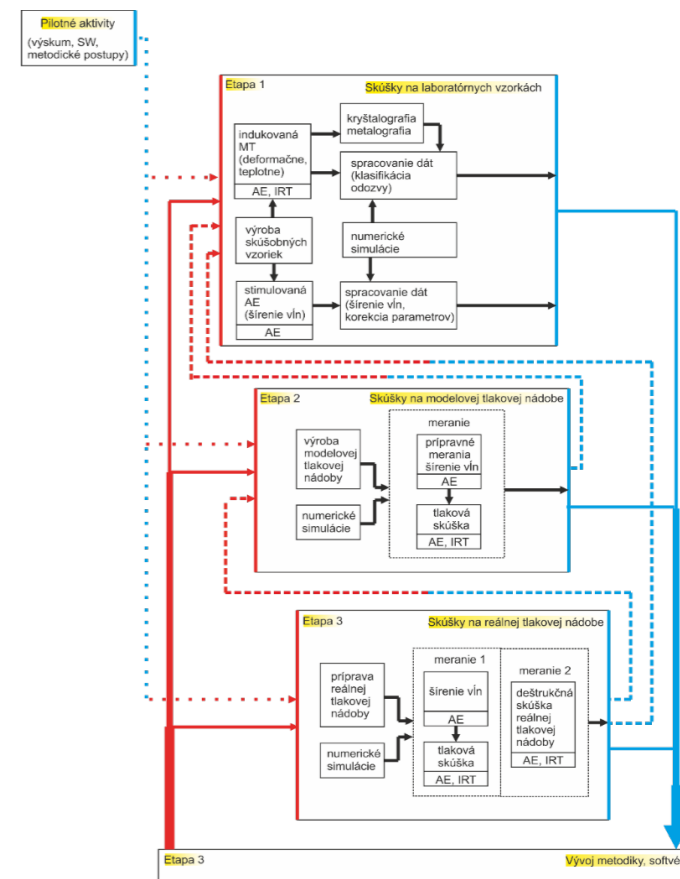
Pri interpretácii experimentálnych dát využijeme numerické simulácie v softvéroch Ansys, Matlab, ktoré sú zamerané najmä na napätovo-deformačné analýzy vzoriek v závislosti na geometrii (okolie hrán, povrchov), teplotné analýzy a analýzy šírenia vln. Vzorky z deformačných skúšok budú podrobené metalografickým analýzám vo VÚZ a kryštalografickým analýzám na Materiálovotechnologickej fakulte (MTF) STU v Trnave. Takto získané komplexné dáta budú použité na vývoj metodiky a softvéru, ktorý bude prebiehať paralelne so všetkými etapami riešenia projektu. Do laboratórnej etapy bude vstupovať spätná väzba z neskorších etáp, kde je ponechaný priestor na zodpovedanie otázok, ktoré môžu vzniknúť pri neskorších etapách.

## ETAPA 2: SKÚŠKY NA MODELOVÝCH NÁDOBÁCH

V tejto semi-laboratórnej etape budú vyrobené viaceré modely tenkostenných tlakových nádob z austenitického potrubia s privarenými dnami, prípadne s umelými prírubami a defektami. Podchladením dusíkom budú tiež lokálne transformované oblasti niektorých modelov. Pred meraniami na nádobách bude numericky simulované šírenie vln a tlakovanie nádob. Na laboratórnych modeloch nádob budú vykonávané najskôr prípravné merania AE – určené na overenie vhodného rozostavenia siete snímačov, vyšetovanie šírenia vln v stenách nádoby, šírenia vln v okolí diery a príruby. Následne dôjde k riadenému tlakovaniu nádoby s paralelným snímaním odoziev AE a IRT. Takýmto spôsobom budú navrhovaná metodika a softvér opakovane aplikované, testované a ladené na modeloch nádob. Očakáva sa spresnenie rozsahu exponentov pre napätosť vyvolanú vnútorným pretlakom nádoby, porovnanie klastrov (a ich vlastností) s klastrami nameranými na vzorkách, otestovanie a vyladenie metodiky korekcie AE parametrov na modelových nádobách. Výstup môže tiež slúžiť ako spätná väzba pre etapu 1 a rovnako z etapy 3 môžu vzniknúť požiadavky na výskum v tejto semi-laboratórnej etape. Semi-laboratórna etapa bude prebiehať vo VÚZ, AE merania bude realizovať najmä UNIZA v spolupráci s VŠB Ostrava.

## ETAPA 3: SKÚŠKY NA REÁLNEJ TLAKOVEJ NÁDOBE

V záverečnej etape podrobíme experimentálnym analýzám tlakovú nádobu, ktorá bola vyradená z etylénovej jednotky a nachádza sa vo VÚZ. Nádoba bude umiestnená v skúšobnej jame a pripravená na tlakovanie. Pred samotným meraním sa odsimuluje šírenie vln v stenách nádoby a proces zaťažovania vnútorným pretlakom. Merania AE budú prebiehať v spolupráci s VŠB Ostrava s použitím 32-kanálovej aparatury Valen AMSY-6. Vo fáze prípravných meraní bude najskôr dôkladne vyšetrené šírenie vln v danej konštrukcii pri podmienkach: prázdna nádoba, nádoba naplnená vodou, natlakovaná nádoba; so zreteľom na šírenie v okolí prírub, konzol a diel. Softvér na analýzu šírenia vln a



Obr. 1 Diagram metodiky riešenia projektu

metodika korekcie AE parametrov bude teda vyladená na reálnej konštrukcii z technickej praxe. Následne vykonáme súbor tlakových skúšok s riadeným tlakovaním s paralelným snímaním AE a IRT. Signály AE budú zapisované, vizualizované a analyzované. Na základe získaných výsledkov bude doladená metodika a softvér. V tejto fáze môže vzniknúť požiadavka na získanie doplnujúcich informácií do etapy 1, resp. etapy 2. V tomto bode budú metodika a softvér pripravené na finálnu verifikáciu. Pri finálnej skúške bude meranie AE prebiehať paralelne s meraniami firmou Preditest, ktorá patrí medzi súčasnú špičku v skúšaní tlakových nádob AE. Nádoba bude tlakovaná až po deštrukciu. Následne budú zostavené závery, v ktorých sa porovná v projekte vyvinutá metodika a štandardná metodika (Preditest).

Ing. Peter Brziak, PhD.  
riaditeľ pre výskum a vývoj

## Hľadáme kolegu

VÚZ v súvislosti s týmto projektom hľadá **doktoranda**, prípadne **postdoktoranda**, ktorý má záujem pracovať v oblasti výskumu akustickej emisie.

kontakt:  
Ing. Peter Brziak, PhD., riaditeľ pre výskum a vývoj  
e-mail: peter.brziak@vuz.sk, tel: +421 915 751 724