

Zváranie



4 • 2024 VYDÁVA VÝSKUMNÝ ÚSTAV ZVÁRAČSKÝ

Svařování



16

Odborná literatúra pre všetkých

VÚZ prichádza s novým vydaním štyroch publikácií – učebníc

04

Posudzovanie príčin porušenia

Ako posudzovať príčiny porušenia materiálov a zariadení v praxi?

16

Konferencia ZVÁRANIE 2024

Témy, ktoré zazneli na 51. ročníku obľúbenej medzinárodnej konferencie

32

Obsah

04

AKTUALITY
Odborná literatúra – publikácie pre všetkých záujemcov

05

PROJEKT APVV
MTF STU v Trnave a ŽP Výskumno-vývojové centrum s. r. o. spojili sily

06-11

75. VÝROČIE VÚZ
Technológie a zákazky, ktoré písali históriu

12-15

ROZHOVOR
Certifikácia je dôležitou súčasťou udržania odbornosti a kvality

15

VZDELÁVANIE
Ponuka vzdelávania na 1. polrok 2025

16-18

ODBORNÝ ČLÁNOK
Posudzovanie príčin porušenia materiálov a technických zariadení v praxi

20-23

ODBORNÝ ČLÁNOK
Deformačné charakteristiky laserových zvarových spojov vysokopevných konštrukčných ocelí

24-25

ODBORNÝ ČLÁNOK
Řešení pro spojování statoru elektromotoru v elektrickém pohonu odporovým, mikro TIG a laserovým svařováním

26-30

ODBORNÝ ČLÁNOK
Inovativné prístupy nedeštruktívneho testovania aditívne vyrábaných materiálov

31

STN
Schválené, zrušené a zmenené technické normy

32-35

KONFERENCIA
51. Medzinárodná konferencia ZVÁRANIE 2024

36-37

JUBILANTI
**Prof. Ing. Pavol Sejč, CSc. 60-ročný
Ing. Jozef Barborka, CSc. oslávil 85 rokov**

37

RECENZIA
Vplyv procesu zvarovania na zmenu vlastností teplotou ovplyvnenej oblasti ocele S960MC

38

PROFIL
Alexander Schrek – profesor v odbore Strojárske technológie a materiály

39

PREHLAD
Zoznam odborných článkov v časopise Zváranie-Svařování v roku 2024



Fotografia na titulnej strane

V odbornom článku na str. 16-18 predstavujeme metódy na posudzovanie príčin porušenia materiálov.

ILUSTRACNÁ FOTOGRAFIA: PIXABAY.COM

PRÍHOVOR

Nech sa nám všetkým darí!

Vážení čitateľa, vážení obchodní partneri.

Výskumný ústav zvaračský si po celý rok 2024 pripomínal **75. výročie** svojho založenia. Inštitúcia, ktorá sa vďaka vizionárovi svojej doby – akademikovi Jozefovi Čabelkovi etablovala vo svetovej špičke, si za viac ako sedem desaťročí pripísala viacero svetových úspechov. V jubilejnom roku sme si viac ako inokedy uvedomovali **ľudský a odborný vklad** všetkých odborníkov, ktorí svoj profesionálny život spojili so značkou VÚZ. Mnohým sme sa mohli poďakovať osobne a tým, ktorí už nie sú medzi nami, vyjadrujeme vďačnosť a úctu v našich spomienkach. Títo ľudia nás svojim nasadením, odbornosťou, a vynaliezavosťou dodnes motivujú, aby sme pokračovali v ich práci.

Aj v ďalšom roku budeme nadväzovať na odkaz našich profesionálnych predkov a budeme stavať na skúsenostiach, ktoré nám zanechali. Zároveň máme ambíciu potvrdzovať meno našej inštitúcie najmä v oblasti výskumu. Zvaračská komunita, ale aj naši obchodní partneri vedia, že prirodzenou súčasťou činnosti VÚZ je podpora priemyslu s dôrazom na **riešenia s vysokou pridanou hodnotou**. V jubilejnom roku sme začali riešiť dva kľúčové výskumné programy, na ktoré sme nedostali „objednávku“ zo strany zákazníkov, ale vznikli z našej vlastnej iniciatívy. Chceme tak **posilňovať výskumné činnosti** v našej inštitúcii. Viac informácií prinesieme v ďalších číslach časopisu Zváranie-Svařování.

Naďalej budeme riešiť problémy, s ktorými zápasia naši partneri v oblasti priemyslu. Oprieme sa o naše komplexné znalosti, aby sme vás aj naďalej mohli podporovať službami a **unikátnymi riešeniami** s vysokou pridanou hodnotou.

Pracujeme pre zákazníkov z najnáročnejších odvetví ako napríklad petrochemický a plynárenský priemysel, obranný priemysel, jadrová energetika, alebo automotive. Riešime zváranie a spájanie nekonvenčných materiálov, ktoré musia preukázať nekompromisnú spoľahlivosť v extrémne náročných podmienkach. Bez precíznych materiálových analýz podporených komplexom skúšobných laboratórií by sme nemali šancu presadiť sa v týchto oblastiach. Pretože dnes už znalosť samotných zvaračských technológií nestačí.

Milí čitateľa, obchodní partneri, dovoľte mi zaželať vám v novom roku najmä pevné zdravie a neutíchajúcu energiu, ktorá vás bude poháňať k úspechom. Ďakujem vám za spoluprácu v uplynulom roku a teším sa na všetky spoločné projekty v ďalšom období. Nech sa nám všetkým darí!

Ing. Valér Demjan, PhD., MBA
generálny riaditeľ VÚZ



Vážení partneri.

Prajeme vám, nech je pre vás nový rok 2025 rokom úspechov a naplnených cieľov.

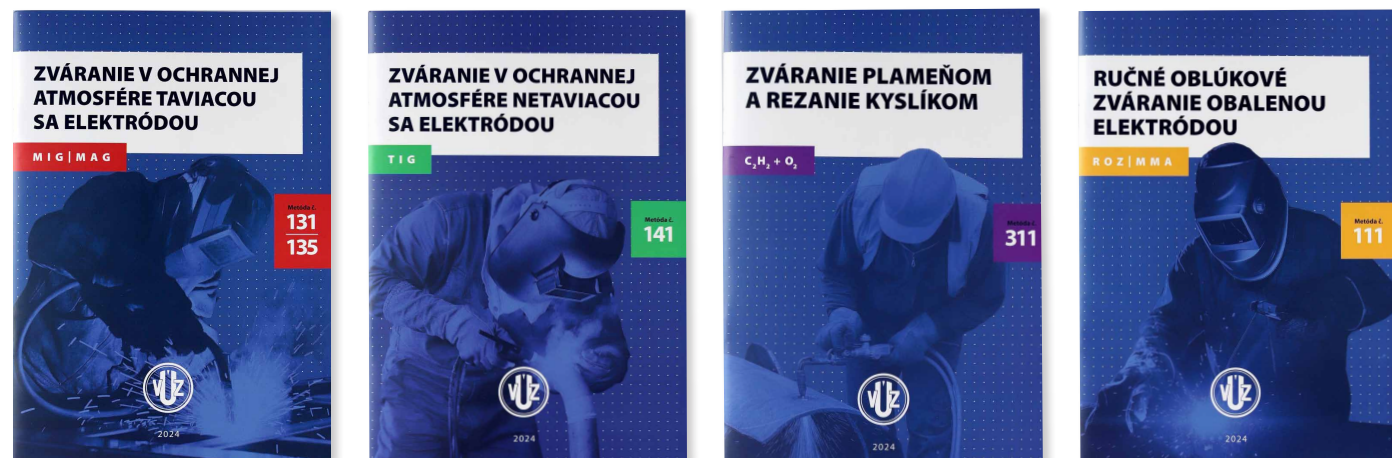


**VÝSKUMNÝ ÚSTAV
ZVÁRAČSKÝ**

Zváranie

Svařování

Časopis zameraný na výskum a vývoj v oblasti zvarovania a príbuzných technológií. • **73. ročník** • ISSN 0044-5525 • Evid. č. MK SREV.203/08 • **Vydáva:** Výskumný ústav zvaračský (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
Predsedu 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 zvaračský, Račianska 71, 831 02 Bratislava 3 • e-mail: redakcia.zvarania@vuz.sk • www.vuz.sk • **Grafická úprava:** www.firemnezasopisy.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 januári 2025



ODBORNÁ LITERATÚRA

PUBLIKÁCIE PRE VŠETKÝCH ZÁUJEMCOV

Výskumný ústav zvaračský vydal v roku 2018 štyri odborné publikácie, v ktorých sú uvedené základné informácie k štyrom metódam zvarovania a delenia kovov. Tieto publikácie slúžia ako podklad pri vzdelávaní v základných kurzoch zvarovania. V malom formáte, stručne a hlavne zrozumiteľne sú popísané vlastnosti materiálov, základné procesy zvarovania, technologické postupy a sprievodné fyzikálne javy pri rôznych metódach zvarovania a delenia kovov. Nechýbajú ani pravidlá BOZP.

Po niekoľkých rokoch prišlo na trh v roku 2024 aktualizované vydanie všetkých štyroch publikácií. Fyzikálne zákony sa samozrejme nezmenili, ale prax priniesla viacero zmien, na ktoré bolo potrebné reagovať. Namiesto zvaračských preukazov dnes zvarači dokladujú svoju kvalifikáciu vo zvarovaní a NDT kvalifikačným výpisom z databázy WPM, pribudla nová terminológia a zmenili sa aj viaceré normy.

ZÁKLADY V KOCKE

VÚZ v druhom polroku 2024 v rámci podpory rozdeľoval štyri nové publikácie do partnerských zvaračských škôl po celom Slovensku. Zvaračské školy si ich môžu „personalizovať“ – označiť vlastnou pečiatkou a kontaktnými údajmi. Frekvenciou kurzov v týchto školách sa tak dostanú k aktuálnej literatúre a užitočným poznatkom priamo vo svojom regióne.

” V najbližších mesiacoch pripravuje VÚZ v rámci edičných počínov publikáciu o ručnom laserovom zvarovaní. Je to oblasť, ktorá v rámci Európskej únie zatiaľ nie je legislatívne podchytená a regulovaná, ale technológia samotná si našla cestu k zákazníkovi aj v našich končinách.

V najbližších mesiacoch pripravuje VÚZ v rámci edičných počínov publikáciu o ručnom laserovom zvarovaní. Je to oblasť, ktorá v rámci Európskej únie zatiaľ nie je legislatívne podchytená a regulovaná, ale technológia samotná si našla cestu k zákazníkovi aj v našich končinách.

Najmä s ohľadom na bezpečnostné riziká, ktoré môžu vyústiť až do poškodenia zdravia, začala Európska zvaračská federácia (EWF) zostavovať základné regulačné rámce používania tejto technológie. Robotické laserové zvarovanie sa v Európe hojne využíva, avšak v kontrolovaných podmienkach (v uzavretých kabínach). Laserový lúč v rukách človeka však môže byť z dôvodu extrémne koncentrovanej energie a schopnosti odraziť sa od lesklých a hladkých povrchov životu nebezpečný nástroj.

PUBLIKÁCIE PRE VŠETKÝCH ZÁUJEMCOV

K publikácii sa môže dostať každý záujemca o zvarovanie, nemusí byť účastníkom kurzu. V prípade záujmu využite prosím kontakt: **Ing. Peter Ďurík, IWE**, e-mail: **durikp@vuz.sk** / tel: **+421 918 714 624**.

(red)

ÚSPEŠNÁ SPOLUPRÁCA V RÁMCI PROJEKTU APVV

Materiálovotechnologická fakulta STU so sídlom v Trnave a ŽP Výskumno-vývojové centrum s. r. o. spojili sily

Agentúra na podporu výskumu a vývoja (APVV) ako rezortná organizácia Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže SR podporila v rámci verejnej výzvy VV 2018 spoločný projekt Materiálovotechnologickej fakulty STU so sídlom v Trnave (MTF STU) a ŽP Výskumno-vývojového centra s. r. o. pod označením APVV-18-0418 „Výskum príčin vzniku geometrických odchýlok pri výrobe bezšvíkových rúr a ich technologická dedičnosť s dôrazom na tvarovú stabilitu presných rúr ťahaných za studena s využitím metrologických systémov“.

Riešenie projektu prebiehalo v období 1. 7. 2019 – 30. 6. 2023. Po tomto hlavnom období nasledovala aktuálne bežiaci 3-ročná fáza udržateľnosti projektu. Výsledky riešenia sú aplikované v prevádzkovej praxi v Železiarňach Podbrezová a. s. (ŽP a. s.) pri výrobe bezšvíkových oceľových rúr valcovaním za tepla a presných oceľových rúr ťahaním za studena. Najdôležitejšie výsledky môžeme zhrnúť do týchto bodov:

1) Vývoj excentricity pri simulovanom valcovaní rúr v prostredí DEFORM-3D

Problematika vzniku a vývoja excentricity (nesúsovnosti vonkajšieho a vnútorného kruhového profilu rúry) bola v projekte detailne popísaná. Tento jav negatívne ovplyvňuje stabilitu výrobného procesu z hľadiska geometrických a rozmerových tolerancií valcovaných rúr. Na základe doterajších analýz je sledovanie vývoja excentricity pri výrobe rúr v ŽP a. s. kľúčové z hľadiska zabezpečenia presnosti rozmerov finálnych výrobkov. Na minimalizáciu rizika vzniku a ďalšieho nárastu excentricity je preto nevyhnutné podrobne analyzovať všetky relevantné výrobné-technologické uzly, vrátane počiatočného kľúčového uzla – dierovacieho lisu. Predpokladáme, že v nasledujúcom technologickom toku môže vývoj excentricity viac-menej stagnovať, resp. sa dokonca môže mierne znížiť. Vzhľadom na tieto skutočnosti je potrebné sledovať jej vývoj až k finálnemu výrobku a v každom technologickom kroku ju priebežne kontrolovať.

2) Optimalizácia parametrov výroby vybraných typorozmerov rúr s využitím výsledkov simulácie v prostredí DEFORM-3D

Cieľom prác v tomto bode riešenia bolo kvantifikovať vplyv vybraných parametrov ťahania na výsledné mechanické vlastnosti presných oceľových bezšvíkových rúr. Výsledky experimentálnych skúšok boli konfrontované so simulačnými výstupmi s cieľom verifikácie vytvoreného modelu ťahania a následnej minimalizácie počtu ťahov.

” Výsledky riešenia sú aplikované v prevádzkovej praxi v Železiarňach Podbrezová a. s.

3) Meranie priebežného tvaru rúr počas ťahania na ťažnej stolici

V tomto bode riešenia bol vyvinutý bezdotykový optický merací systém, vďaka ktorému je možné priebežne kontrolovať vonkajší priemer ťahanej rúry na príslušne vybavenej ťažnej stolici. Systém pozostáva z trojice laserových snímačov a príslušného hardvéru a softvéru na výpočet aktuálneho priemeru bezprostredne za prievlakom.

4) Presnosť a stabilita rozmerov presných ťahaných rúr ako funkcia miery opotrebovania tvárniacich nástrojov

Výsledkom riešenia tejto témy bol návrh, vývoj a testovanie pilotnej verzie informačného systému na evidenciu informácií o prievlakoch, používaných na výrobu presných oceľových rúr ťahaných za studena. Získavané informácie zahŕňujú zákazko-

vé údaje, množstvá, rozmery a materiál vyrobených rúr a rozmery samotných prievlakov. Cieľom prác bolo vyvinúť systém, na základe ktorého by bolo možné predikovať životnosť nástroja a vhodnosť jeho použitia v kontexte dlhodobého záznamu jeho používania pri ťahaní rúr daného rozmeru.

doc. Ing. Ladislav Morovič, PhD.
MTF STU so sídlom v Trnave

Vznik tohto článku bol podporený Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-18-0418 (názov projektu: Výskum príčin vzniku geometrických odchýlok pri výrobe bezšvíkových rúr a ich technologická dedičnosť s dôrazom na tvarovú stabilitu presných rúr ťahaných za studena s využitím metrologických systémov).

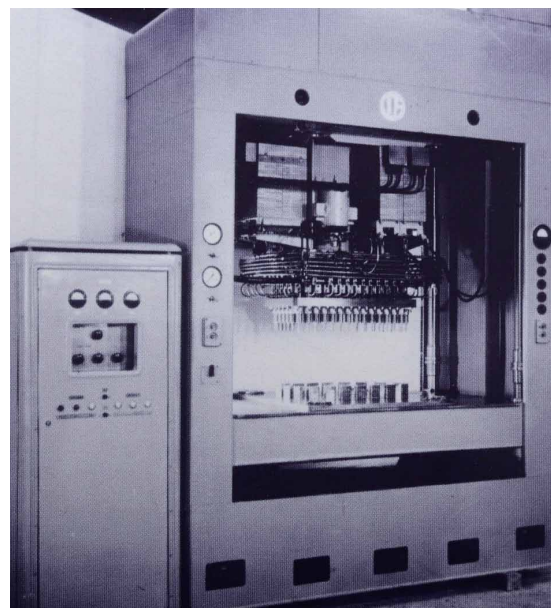


Vyrábate oceľové alebo hliníkové konštrukcie alebo ste len montážna firma?
Tak je pre vás norma **EN 1090** záväzná!

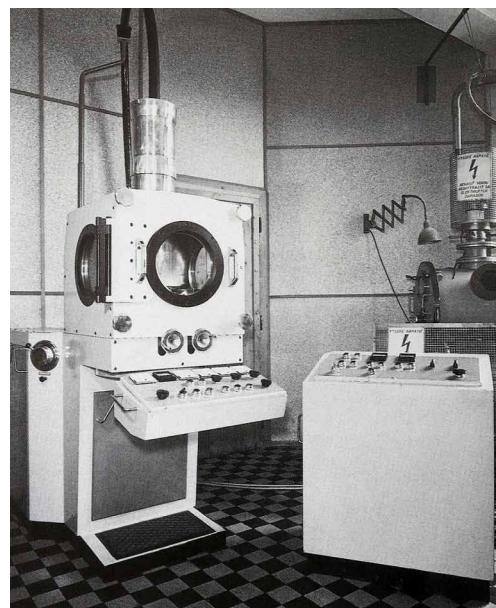
V prípade bližších informácií nás neváhajte kontaktovať.

Certifikácia firiem podľa EN 1090

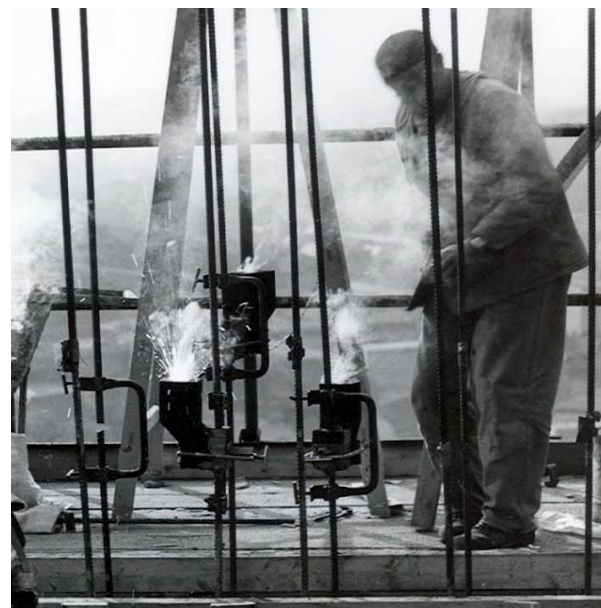
Kontaktná osoba:
Ing. Beáta Machová
riaditeľ divízie certifikácie a vzdelávania
mobil: 0905 665 843
e-mail: cov@vuz.sk



Mnohobodový zvárací stroj na zváranie dverí automobilu Škoda



Prvé zariadenie VÚZ na zváranie elektrónovým lúčom EZ 1255



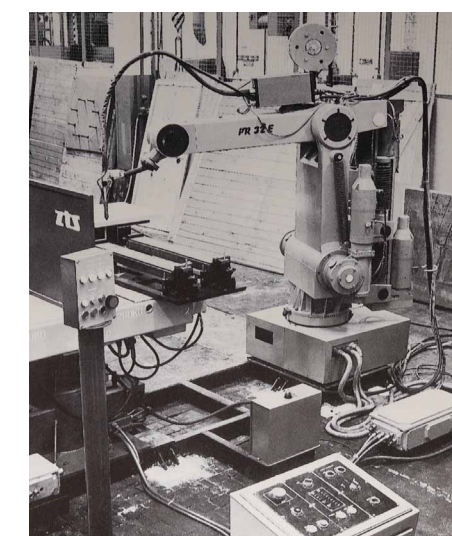
Termitové zváranie betonárskej ocele



Traktor VÚSČA – prvé zariadenie na zváranie pod tavivom



Zvárané guľové nádoby z ocele akosti 13 220 po tlakovej skúške do deštrukcie (Ø 1350 mm)

Robotizované pracovisko VÚZ-ROB 01, 02 a 03 na zváranie oblúkom v CO₂

Technológie a zákazky, ktoré písali históriu

Výskumný ústav zväračský svojou činnosťou od začiatku podporoval československý priemysel. Technológie a zariadenia vyvíjal so zámerom, aby pomohli riešiť konkrétne potreby podnikov. V poslednom dieli seriálu o 75. výročí VÚZ predstavujeme najzaujímavejšie technológie, ktoré vyústili až do realizačnej praxe. Ak by sme chceli vymenovať všetky technológie a zákazky, ktoré VÚZ vyvinul a zrealizoval, vznikla by publikácia s niekoľkými stovkami strán. Preto spomínáme iba niektoré.

1949-1970

V roku 1949 sa v Československu, ale aj v iných krajinách používali prakticky len tri klasické spôsoby zvárania – ručné plameňové, zváranie elektrickým oblúkom a odporom. O ostatných spôsoboch zvárania sa hovorilo iba ako o budúcnosti. Ubehlo takmer desať rokov, kým v areáli ústavu vyrástli najdôležitejšie objekty a mohli sa v nich odohrávať výskumné a konštruktérské činnosti. Objekty boli dokončené v roku 1958 a tento rok sa považuje za milník, kedy VÚZ v oblasti výskumných oddelení dosiahol komplexnosť. Začal byť v plnej miere schopný riešiť úlohy z oblasti základného teoretického výskumu materiálov i z oblasti moderných technológií vývoja unikátnych zariadení a všetkých druhov prídavných materiálov pre zváranie.

Ústav sa zameriaval na tri hlavné oblasti:

- Výskum zvariteľných materiálov, technológie zvárania a prostriedkov pre zváranie
- Pomoc priemyslým podnikom zavádzaním nových a produktívnejších spôsobov zvárania do výroby a opravárstva

- Odbornú prípravu robotníckych, technických a inžinierskych zväračských kádrov

V druhej polovici 50-tych rokov bol výskum VÚZ v odbore kyslíkového rezania zameraný na zvýšenie technickej úrovne prípravy zvarových plôch na rúrach. Dovtedajšia prax – príprava úkosov ručným kyslíkovým rezaním pozdĺž pracovne vyznačených línií pomocou šablón s nutnosťou dodatočnej úpravy brúsením, bola zdĺhavá a kvalita i presnosť pripravených zvarových plôch bola nízka. VÚZ vyvinul **jednoduché prípravky, ktoré umožnili čiastočnú mechanizáciu operácií, čo prinieslo presné a hladké úkosy**. O tieto prípravky mali viaceré montážne podniky značný záujem a podľa dokumentácie si ich dokázali aj sami vyrobiť.

I keď sa VÚZ iba „rozbiehal“, už v roku 1958 získal Zlatú medailu na svetovej výstave EXPO 1958 v Bruseli za **zvárací lis VUS-1000 na výstupkové odporové zváranie veľkých prierezov**. Lis prekonal všetky dovtedajšie zariadenia na odporové zváranie. Boli robustné, ich príťažná sila bola veľmi obmedzená a priebeh zvaracieho procesu ovplyvňovali nepresné a nespoľahlivé riadiace prvky. Už predchodca oceneného lisu (VUS-250) umožňoval priebeh zvaracieho cyklu s možnosťou svaňového

nárastu alebo poklesu prúdu, pulzačné dávkovanie prúdu a funkciu jemnej doregulácie výkonu. Ocenený lis bol ešte vyspelejší a silnejší, v čase vzniku bol pravdepodobne najväčším zváracím lisom na svete. Lis dostal viacero modifikácií a stal sa úspešným exportným artiklom.

VÚZ bol v roku 1963 menovaný za odborové pracovisko pre odbor zvárania, čím bol uznaný za **koordináčn a organizačné centrum vedecko-technického rozvoja odboru zvárania s pôsobnosťou pre celé Československo**. V ranných 60-tych rokoch si automatizácia iba hľadala svoje miesto a v akademických kruhoch sa objavovali aj pochybovačné hlasy, či zváranie možno považovať za vedeckú disciplínu. Tvoriť napätie vytvorilo ideálne podmienky na presadenie nových trendov aj v strategických odvetviach priemyslu.

AUTOMATICKÉ ZVÁRANIE ocelí pod tavivom a pod roztavenou troskou bol prvý významný smer, v ktorom VÚZ dosiahol výsledky porovnateľné so svetovou úrovňou. **Komplexné riešenie materiálovej oblasti, technológie, taviv i prídavných drôtov** umožnilo poskytnúť všetko potrebné pre automatizáciu zvaracích procesov.

VÚZ dosiahol najväčšie úspechy v oblasti zvárania pod roztavenou troskou. Prepracovaním technológie zvárania uhlíkových i legovaných ocelí, spolu s vývojom radu zvaracích zariadení, sa ústav zaradil v tejto oblasti medzi najvyspelejšie pracoviská na svete. Vyvinul zariadenia VÚZ-ETZ-100, 450 a 700 a **technológia sa úspešne uplatnila pri výrobe tlakovej nádoby reaktora našej prvej jadrovej elektrárne v Jaslovských Bohuniciach**. Technológia si našla cestu aj do **závodov ťažkého strojárstva v segmente zvárania hrubostenných tlakových nádob a veľkých výkolkov**.

VÝSLEDKY VÚZ si získali celosvetový ohlas a začali naplňovať prvotnú ideu – rozvíjať československý priemysel. Ústav sa zaradil medzi popredné inštitúcie, na jeho konte pribúdali vlastné vedecké práce a rozvíjala sa aj medzinárodná spolupráca a výmena informácií s inými svetovými pracoviskami.

Ústav nadviazal na úspechy svojich zvaracích lisov a pokračoval v ich vývoji. Na trh priniesol modifikácie lisu VÚZ-ZH5 a VÚZ-1000-NOV. Tvoriť konštruktérov sa prejavila aj pri vývoji **mnohobodových zvaracích strojov typu MB pre výrobné linky automobilky Škoda v Mladej Boleslavi**. Mnohobodové zváranie sa ako jedna z najekonomickjších metód osvedčila v zvaracích strojoch hutníckych liniek pre kontinuálnu výrobu pásov a plechov. Viaceré zariadenia VÚZ sa licenčne vyrábali aj v zahraničí.

V 60-tych rokoch sa VÚZ zamerl na výskum metód zvárania založených na nových fyzikálnych princípoch. Zamerl sa na **technológiu elektrónového zvárania vo vákuu, zváranie svetelným lúčom, zváranie, naváranie a rezanie plazmou i zváranie difúziou**. V priemyselnej praxi sa najviac uplatnilo najmä plazmové rezanie, naváranie a elektrónové zváranie vo vákuu. Značný ekonomický prínos malo aj termitové zváranie betonárskych ocelí.

Pokračoval aj výskum **prídavných materiálov** – taviv pre zváranie i spájkovanie, prídavných drôtov pre zváranie a spájkovanie, ako i elektród na špeciálne účely. O tavivá na zváranie pod tavivom a pod roztavenou troskou mali záujem mnohí zahraniční odberatelia. Významnými exportnými artiklami boli najmä tavivo VÚZ-34-Mn pre **automatické zváranie konštrukčných uhlíkatých ocelí**, tavivo VÚZ-3BaF pre **zváranie na naváranie vysokolegovaných ocelí** a tavivo VÚZ-5F pre **elektrotrokové zváranie**.

Úspech zaznamenali aj elektródy a prídavné dróty na **špeciálne účely**. Do praxe sa dostali aj **vysokovýťažkové elektródy a práškové prídavné materiály pre plameňové a plazmové naváranie**.

Ruka v ruku s vývojom prídavných materiálov šiel vývoj **prístrojov na skúšanie vlastností trosiek a taviv**. Monitorovali bod tavenia, viskozitu a povrchové napätie. VÚZ vyvinul aj pomôcku pre zváračov – **termoindikátory** v troch modifikáciách.

Ak sa od aplikovaného výskumu presunieme k bádateľskému výskumu, medzi najpozoruhodnejšie možno zaradiť **výskumné práce o zvariteľnosti a spájkovateľnosti materiálov**. Viedli k vzniku **nových skúšobných metód** a k objasneniu mnohých materiálových otázok. Vynikajú najmä práce súvisiace s výskumom vplyvu **príčin poklesu plastických vlastností zvarového spoja v prechodovej oblasti**.

AJ V MEDZINÁRODNOM KONTEXTE boli originálne závery o vplyve dusíka na uvedený jav získané pomocou elektrónovej mikroskopie. Podobne možno hodnotiť i vypracovanú metodiku a zariadenie aparaturu pre **elektrolytickú izoláciu intermetalických fáz**, ktorá umožnila exaktný výskum štruktúrnej stability žiarupevných materiálov.

Za zmienku stojí aj **metóda skúšania praskavosti austenitických zvarových spojov**, výsledky výskumných úloh z oblasti skúšania **únavy zvaracích konštrukcií, skúšania vlastností materiálov a zvarových spojov po rádioaktívnom ožiarení** a z oblasti **využitia rádioizotopov pre sledovanie metalurgických procesov**.

1971-2000

VÚZ venoval svoju kapacitu najmä strategickým stavbám, výraznejšie sa začal orientovať najmä na **jadrovú energetiku**. Podieľal sa už na výstavbe prvej jadrovej elektrárne v Jaslovských Bohuniciach tým, že **pre dodávateľskú spoločnosť Škoda Plzeň vyriešil technológiu a skonštruoval zariadenie na elektrotroskové zváranie tlakovej nádoby reaktora**. Vypracoval aj technológiu **ručného oblúkového zvárania a zvárania v ochrannej atmosfére CO₂ pre obvodové montážne zvary tlakovej nádoby**. Ústav pre všetky tieto metódy vyvinul aj prídavné materiály. Na výrobu palivových článkov vznikla **technológia a zariadenie na odporové zváranie dištančných elementov palivových článkov zo zirkónovej zliatiny**.

V tomto období sa VÚZ podieľal aj na výstavbe druhej atómovej elektrárne typu VVER 440 v Mochovciach. Viedol **výskum zvariteľnosti a technológií zvárania a overovania vlastností prídavných materiálov a zvarových spojov** pre jednotlivé komponenty jadrovej elektrárne. Rozvíjal aj už zavedené technológie, **modifikoval napr. zváranie pod tavivom do úzkeho úkosu**. Aplikácia sa osvedčila pri **zváraní hydraulického valca s hrúbkou steny 300 mm pri zváraní armatúr jadrovej elektrárne a pri zváraní rotorov parných turbín**.

VOBLASTI ENERGETIKY sa VÚZ podieľal aj na vývoji technológie zvárania potrubí a prídavných materiálov, čím **prispel k vyriešeniu problémov spojených s výstavbou ropovodu a plynovodných trás na území Československa**.

V roku 1972 nastala vo financovaní VÚZ zmena. Ústav bol preradený z rozpočtových medzi príspevkovej organizácie. Zo štátneho rozpočtu začal poberať iba malý príspevok – na krytie niektorých činností potrebných pre celé národné hospodárstvo. Zvyšok prostriedkov si musel zabezpečiť zmluvnými záväzkami so zákazníkmi – priemyselnými podnikmi. Polovica 70-tych rokov znamenala aj výraznú zmenu štátnej technickej politiky. Výskumno-vývojové programy sa začali orientovať na výstupy s priamou realizáciou. Nositeľmi úloh sa stali organizácie, ktoré boli využívatelmi výsledku riešenia, teda samotné priemyselné podniky.

VÚZ v spolupráci s Rudnými a magnezitovými závodmi riešil prvý **projekt plno automatizovanej zvarovne prvkov stavebnicového lešenia typu HAKI**. Zahŕňal **výrobnú linku na výrobu horizontálnych prvkov lešenia riadenú počítačom a vybavenú automatickým základom dielcov a zvarovaných častí lešenia, ako i dve automatizované pracoviská na zváranie vertikálnych prvkov**.

Pre Vagónku Poprad zostavil **komplex oblúkových zvariacích pracovísk na zváranie rámov podvozkov vagónov** a pre Tatru Kopřivnice **robotizované odporové pracoviská na zváranie častí kabíny nákladného automobilu Tatra 815**.

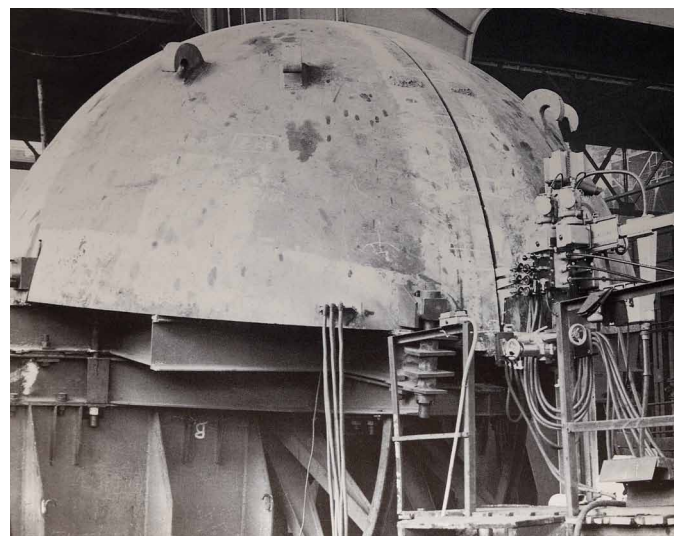
Medzi najväčšie a najnáročnejšie patrili **projekty pre zbrojársky priemysel**. Takým bol aj komplexný program vývoja **technológie výroby zvarných obežných kolies veľkých radiálnych turbokompresorov**. Tie dodávala spoločnosť ČKD Praha do leteckých skúšobní vtedajšieho Sovietskeho zväzu. Program pozostával z výberu vhodnej ocele, riešenia podmienok jej zvariteľnosti, vývoj originálnej technológie zvárania, vrátane následného tepelného spracovania zvarných kolies, ako aj vývoj, výrobu a uvedenie do prevádzky komplexného vysoko automatizovaného pracoviska na zváranie. Bolo to **prvé počítačom riadené zvaracie pracovisko v Československu a do prevádzky bolo uvedené v roku 1978**.

VÚZ ZDOKONALOVAL technológiu zvárania v ochrannej atmosfére CO₂, pričom prvé automaty na tento typ zvárania na území Československa pochádzajú práve z dielne VÚZ. Za najvýznamnejšiu aplikáciu zvárania v ochrannej atmosfére metódou MIG považujeme už spomínané automatické zváranie veľkých obežných kolies radiálnych turbokompresorov. VÚZ pre tento účel okrem vlastnej technológie zvárania vyvinul **unikátne zvaracie zariadenia, ktoré pracovali na princípe programovo riadeného vedenia horáka pozdĺž priestorovej krivky zvaru**.

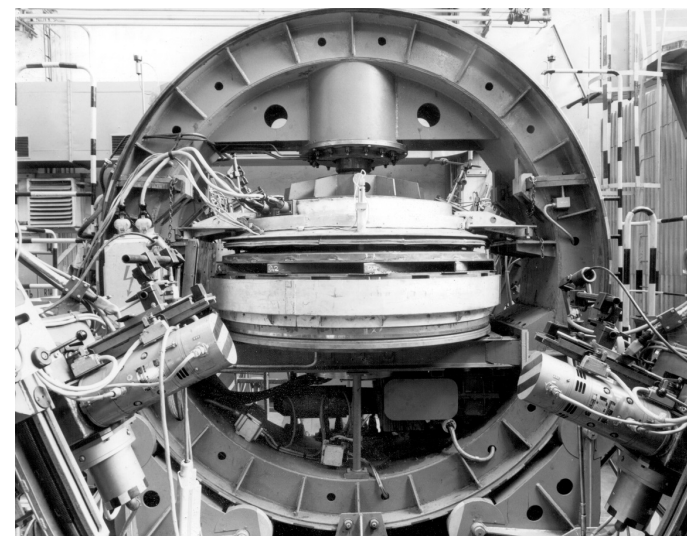
K novším zvariacim metódam, ktoré VÚZ rozpracoval pre potreby priemyselných závodov, patria plazmové technológie. Vyvinul **zariadenia na plazmové striekanie, ako aj na plazmové zvarovanie a naváranie**. Technológie sa ďalej rozpracovali pre rôzne konkrétne aplikácie. Napr. na plazmové zváranie austenitických Cr-Ni ocelí bez prídavného i s prídavným materiálom na naváranie sacích a výfukových ventilov. Na zváranie tenkých plechov bola rozpracovaná metóda mikroplazmy. Ústav tiež vyriešil množstvo konkrétnych technologických problémov zameraných na riešenie technologických podmienok zvárania špecifických zvarov, napr. odstredivo liatych rúr metódou TIG.

V 70-tych rokoch sa dokončil vývoj celého radu zariadení určených na sériovú výrobu a väčšieho počtu zariadení na základe konkrétnych požiadaviek závodov. Napríklad len v rámci zdokonaľovania odporových zvariacich zariadení so zameraním na výrobný program Bratislavských elektrotechnických závodov prebehol **vývoj stavebnicového radu odporových bodových zvariaciek s výkonom 10 až 200 kVA, vývoj stavebnice zvariacich odporových lisov (100 až 500 kVA) a vývoj stavebnicového radu švových zvariaciek**. Bol to komplex strojov s maximálnou unifikáciou uzlov s možnosťou dodávok rôznych modifikácií výkonov, technického výstroja a pod.

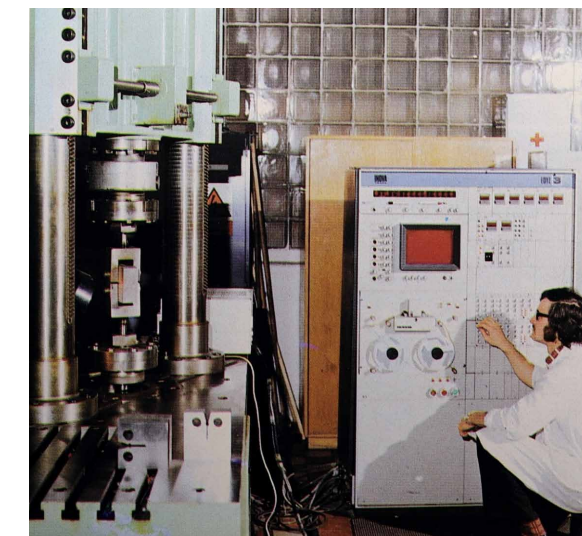
Výskumné práce v oblasti materiáloveho výskumu sa zameriavali predovšetkým na problémy súvisiace so **štúdiom zvariteľnosti nových typov zvariteľných ocelí**. Z hľadiska fyzikálnej metalurgie sa študovali **precipitačné procesy pri zváraní mikrolegovaných ocelí a štruktúry a fázový rozbor**



Elektrotroskové zváranie meridiánového spoja polovice vrchlika tlakovej nádoby reaktora A1



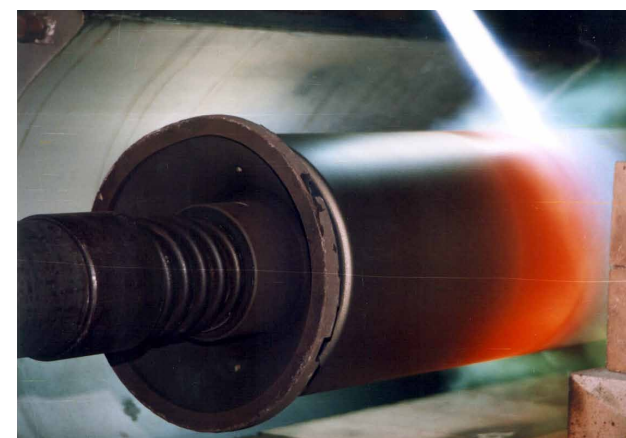
Polohovadlo na zváranie kolesa turbokompresora na zariadení VUZ ZKT-2



Zariadenie na únavové skúšky zvarových spojov



Areál VÚZ v roku 1988



Pretavovanie valca na valcovanie plechov



Rezanie plazmou

ich zvarových spojov. Významné výsledky sme zaznamenali pri sledovaní precipitácie sulfonitridov a karbidov mikrolegujúcich prvkov, najmä Ti a Nb.

Požiadavky na rozširovanie dodávateľských činností vytvárali tlak na zvyšovanie kapacít v oblasti vývojovej konštrukcie a realizačných dielní. Výkony ústavu v roku 1985 vzrástli oproti roku 1975 o 40 %.

VÚZ v 90-tych rokoch riešil rozsiahly a náročný projekt zameraný na výrobu a realizáciu **zariadenia na zváranie šesťhranných rúr z austenitickej ocele legovanej bórom**. Rúry slúžili na uskladňovanie vyhorených palivových článkov jadrových elektrární v mokrych skladoch. **Mimoriadna náročnosť technológie spočívala v presnom polohovaní a vedení elektrónového lúča pozdĺž zvaru, minimálnych deformáciách materiálu po zváraní a v splnení vysokých požiadaviek na kvalitu zvaru**.

Na základe dlhoročných skúseností v oblasti rezania kovových materiálov ústav v roku 1992 navrhol a vyrobil prototyp **rezacieho centra PLASMA-CUTTER**. Rezacie centrum bolo určené na **presné**

tvarové rezanie materiálov s vysokou kvalitou plochy rezu. VÚZ odvtedy vyrobil a dodal desiatky centier s rôznymi veľkosťami pracovného stola a vo viacerých variantoch (rezanie plazmou, kyslíkom).

VÝZNAMNÉ MEDZINÁRODNÉ PROJEKTY sa týkali aj ďalšej lúčovej technológie – zvárania laserovým lúčom. V rokoch 1995 až 1997 sa v rámci projektu Copernicus realizoval výskum laserom indukovanej plazmy v spolupráci so zahraničnými univerzitami – Univerzita Gent, Univerzita Pierra a Marie Curie, Karlova univerzita. **Na laserovom pracovisku VÚZ sa študoval vplyv laserom indukovanej plazmy na parametre a kvalitu laserového spracovania pri zváraní, povrchovom kalení a naváraní práškov**.

Významnou časťou činnosti laserového pracoviska bolo vykonávanie praktických, komerčných aplikácií laserových technológií pre priemysel. Osobitná pozornosť sa venovala výskumu **technologických podmienok zvárania v ochranných plynoch pre výrobu, rekonštrukciu a opravy komponentov jadrových zariadení**. Výstupom bolo niekoľko zariadení používaných v jadrových elektrárnach.

Z množstva zariadení vyvinutých a vyrobených vo VÚZ možno spomenúť:

- VÚZ-ROTAZVAR – zariadenie na zváranie rúrok vysokotlakových ohrievačov,
- VÚZ-REOZ 1 – univerzálna elektronická mikroprocesorom riadená ovládací jednotka,
- VÚZ-V3 a V4 – vývojový rad vibračných zariadení na zmenšenie zvyškových napätí a zlepšenie úžitkových vlastností zvarovaných konštrukcií, odliatok a pod.,
- VÚZ-NZ 155 – na naváranie rotačných dielcov (modifikácia NZS 155 na naváranie obrúčok z materiálu na báze medi na municiu vysokovýkonných zbraňových systémov),
- VÚZ-NAVAR – na naváranie rotačných dielcov jadrových zariadení metódou TIG s pulzným, alebo spojitým prúdom s prídávaním studeného drôtu,
- VÚZ-PG – kontrola a oprava vrát plavebné komory Vodného diela Gabčíkovo, na naváranie tesniacich drážok primárnych a sekundárnych kolektorov a hlavnej deliacej roviny reaktora elektrárne VVER 440/V230,
- VÚZ-PLATECH2 – zariadenie na zváranie austenitických komínových vložiek,

- VÚZ-RAN/L 125 – zariadenie na odporové výstupkové zváranie veľkoplôšných titánových anód,
- VÚZ-EZ ZH1 a VÚZ-EZ ZH2 – zariadenia na zváranie elektrónovým lúčom výmenníkov tepla pre automobily,
- VÚZ-ZTK 1 – zariadenie na renováciu komponentov jadrových elektrární.

Výskumný ústav zvaračský sa nemalou mierou venoval **vývoju softvérových produktov**, matematických výpočtových programov a v druhej polovici 90-tych rokov aj internetovým aplikáciám. Začiatkom roka 1998 v ústave vzniklo **pracovisko na numerické simulácie technologických procesov na báze programových systémov Status Sysweld**. Konkrétne úlohy boli zamerané najmä na modelovanie teplotných polí a analýzu zvyškových napätí.

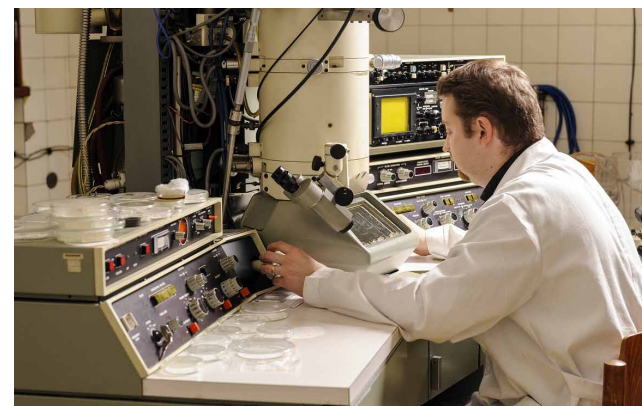
Numerické simulácie pomohli napríklad pri analýze príčin havárie vrát Vodného diela Gabčíkovo, renovácii deliacej roviny reaktora elektrárne VVER, ako aj pri vývoji technológie opráv tesniacich plôch tlakotesného veka HUA 500.



V skúšobni žiarového striekania práškov



Automatizovaná prenosná frézovacia hlava ATF-150



Nové prístroje rozšírili potenciál laboratórií VÚZ



Špecialisti VÚZ v útrobach bratislavského mosta Apollo



Robotické testovanie nástroja na trecie zváranie s premiešaním



Vibračné zariadenie VZ-7

2001-súčasnosť

Do nového tisícročia vstúpil VÚZ s výhľadom na viacero veľkých projektov. V rokoch 2003 až 2005 prebiehala výstavba mosta Apollo v Bratislave spájajúceho oba brehy Dunaja. VÚZ zabezpečoval **stanovenie kritérií pre ocele a prídavné materiály potrebných na zhotovenie stavby**. Zároveň vykonával **zváračský dozor a skúšky zvarových spojov**. Celková dĺžka zvaranej konštrukcie je 517,5 m s plánovanou životnosťou 100 rokov.

Pred začiatkom zvárania všetci výrobcovia zhotovili skúšobný zvarový spoj pre každý spôsob zvárania, pre každý použitý zvarací materiál a pre typické hrúbky zvarových spojov (16 mm, 25 mm, 40 až 50 mm). Skúšobné zvarové spoje na „predvýrobné skúšky zvarov“ sa zhotovili pod dohľadom zväračského inžiniera. Kontrolovali sa, merali a zaznamenávali všetky činitele určujúce kvalitu a vlastnosti skúšobných zvarových spojov: predhrev, parametre zvárania potrebné na výpočet tepelného príkonu, medzihúsenicová teplota, počet vrstiev a pod. Skúšobné zvarové spoje sa najskôr podrobili nedeštruktívnym skúškam: vizuálnej skúške VT, kapilárnej skúške PT a skúške ultrazvukom UT.

Okrem tohto vizuálne i konštrukčne pozoruhodného diela získal VÚZ v oblasti výskumu a vývoja v roku 2003 ako hlavný riešiteľ významné štátne výskumné zákazky a dva veľké projekty v rámci štátnych programov výskumu a vývoja.

Hlavné témy výskumných aktivít v rokoch 2003 až 2005:

- zváranie moderných typov ocelí na výrobu automobilov a rúrovodov,
- aplikácia intenzívnych technológií oblúkového, laserového zvárania a zvárania elektrónovým lúčom,
- vplyv fázových premien na úroveň zvyškových napätí vo zvarových spojoch, výskum tečenia materiálov,
- zváranie a naváranie metódou TIG s prídávaním horúceho drôtu,
- vývoj zvaracích materiálov na báze niklu na vysokoteplotné aplikácie,
- vývoj a výroba unikátnych práškov na báze niklu a bóru na žiarové striekanie.

Výskumné aktivity v oblasti jadrovej energetiky:

- vývoj a realizácia opráv tesniacich drážok veka tlakovej nádoby jadrovej reaktora,
- vývoj technológie opráv naváraním tesniacich plôch veka primárneho a sekundárneho kolektora.

VÚZ po dokončení veľkých štátnych projektov zamerlal svoju činnosť v oblasti výskumu a vývoja najmä na výzvy vyhlasované slovenskou Agentúrou na podporu výskumu a vývoja (APVV). Zároveň sa ako jediný výskumný pracovisko na Slovensku úspešne podieľal na výskumných projektoch, ktoré financoval Výskumný fond pre uhlie a ocel

Európskej komisii. Projekty sa orientovali na:

- výskum a vývoj žiarupevných ocelí novej generácie,
- spoľahlivosť žiarovo pozinkovaných ocelových zvarovaných konštrukcií,
- zvariteľnosť žiarupevných ocelí pre energetiku,
- zváranie ocelí laserovým optickým káblom,
- vývoj konštrukčných profilov z práškových zliatin,
- vývoj mobilného laserového zariadenia na použitie v lodiarstve,
- predlžovanie životnosti energetických zariadení.

V ROKU 2009 si VÚZ prevzal Cenu ministra hospodárstva SR za **samotroskotvorný kovový prášok NP 62K** na báze C-NiCrBSi. Nástrekom a naváraním tohto prášku možno účinne chrániť pracovné plochy nástrojov, hutníckych valcov, komponentov strojov a armatúr. **Povrchy ošetrené práškom NP 62K dosahovali vysokú medzu pevnosti v strihu, vysokú koróziivzdornosť, nízky koeficient trenia a mnoho ďalších vylepšených vlastností.**

Nastriekané a navarené komponenty dosahovali v špecifických prípadoch až 100-násobne vyššiu životnosť ako komponenty nastriekane inou známu technológiou. **VÚZ aj touto inováciou posilnil svoje postavenie ako partnera priemyslu, ktorý dokáže predlžovať životnosť zariadení a technologických celkov.**

Po roku 2010 sa ústavu podarilo výrazne zvýšiť

angažovanosť najmä v petrochemickom priemysle (NDT, inžinierske a inšpekčné činnosti). Toto je jedna z oblastí, kde sa VÚZ s úspechom angažuje dlhodobo. Rovnako to bolo a dodnes je aj v oblasti jadrovej energetiky. Pri dostavbe JE Mochovce napr. VÚZ dodával celú škálu zvaracích materiálov ako aj technickú podporu.

V roku 2013 sa VÚZ stal **historicky prvým slovenským koordinátorom medzinárodného výskumného projektu RFCS (Research Fund for Coal & Steel)**. Je to najstarší ekonomický nástroj EÚ na podporu aplikovaného výskumu z oblasti ťažobného priemyslu a výroby ocele. VÚZ v rámci projektu GRAMAT vytvoril konzorcium výrobných firiem – Železiarne Podbrezová a. s., Benteler (Nemecko – najväčší európsky výrobca rúr), výrobca ocelových odliatok Žďas (ČR), Foster Wheeler (Fínsko – najväčší výrobca kotlov na spaľovanie biomasy na svete) a špičkových výskumných organizácií – VTT (Fínsko) a COMTES (ČR, pôsobí okrem iného v oblasti numerickej simulácie valcovania).

Projekt GRAMAT reagoval na prudký nárast výroby energií z obnoviteľných zdrojov, ktorý núti výrobcov kotlov v miestach s agresívnym koróznym prostredím aplikovať cenovo nevýhodné vysokolegované materiály aj napriek tomu, že teplota a tlak umožňuje použitie nízkoalegovaných materiálov. Cieľom projektu bolo nadobudnúť **poznatky nevyhnutné pre vývoj nízkonákladovej technológie výroby rúr z polotovaru s gradientným**

chemickým zložením po hrúbke, ktorý súčasne zabezpečí odolnosť voči creepovému zaťažaniu (nízkolegovaný materiál – jadro rúry) a vysokoteplotným formám korózie (vysokolegovaný materiál – plášť rúry).

V roku 2016 začal VÚZ využívať nové výskumné laboratóriá, ktoré rozšírili možnosti diagnostiky najmä v oblasti stanovenia príčin poškodenia, ale aj v iných analytických oblastiach.

NEZAOSTÁVALA ANI KONŠTRUKCIA. VÚZ pre Slovenské elektrárne navrhol riešenie, ktorým spoločnosť dokázala **odstrániť problémy s heterogénnymi zvarovými spojmi (HZS) superhvarijného napájania parogenerátorov jadrovej reaktora VVER 440.** Požiadavkou bolo zvýšiť bezpečnosť prevádzky pomocou technológie výmeny HZS vrátane technického zabezpečenia odobratia pôvodných nátrubkov a vytvorenia zvaracej hrany. Bolo potrebné vysporiadať sa s malým manipulačným priestorom v okolí nátrubku, dodržať striktné geometrické požiadavky na zvariaciu hranu a zohľadniť komplikované fyzikálno-metalurgické pomery HZS. VÚZ vyvinul **unikátnu diaľkovo ovládanú automatizovanú prenosnú frézovaciu hlavu ATF-150**, ktorá umožňuje presne odobrať definované množstvo materiálu na určenom výseku obvodového zvarového spoja. Slovenské elektrárne získali špecializované zariadenie a overený technologický postup zvárania nátrubku. Pomocou unikátnej frézovacej hlavy tak spoločnosť dokáže vymieňať nátrubky vo vlastnej réžii. Toto zariadenie je možné použiť aj chemickom a petrochemickom priemysle.

Ďalším zariadením je **vibračné zariadenie**, ktoré vďaka tzv. vibračnému spracovaniu umožňuje pomocou vibrácií relaxáciu napätí vo zvarovaných konštrukciách. Vibračné zariadenie **znižuje zvyškové napätia nielen zvarovencov, ale aj výkovkov a odliatkov a zároveň zachováva rozmerovú stabilitu súčiastok.** Je vhodné aj pre cyklicky namáhané súčiastky, nakoľko neznižuje ich únavovú životnosť. Naopak – môže ju zvýšiť. Na rozdiel od zlihaní **konštrukcia neprechádza pri vibračnom spracovaní tepelným cyklom, preto nedochádza k nežiaducim javom (zhrubnutie zrna, oxidácia povrchu).** V úvode 20. rokov 21. storočia uzrelo vo VÚZ svetlo sveta modifikované vibračné zariadenie VZ-7, ktoré oproti predošlej verzii prinieslo niekoľko vylepšení. Napríklad o viac ako 100 % predlžuje životnosť konštrukcií a výrobkov, a špičkové napätie znižuje o 50-80 %.

VÚZ v rokoch 2018-2021 realizoval projekt pod názvom „Výskum aplikácií trecieho zvárania s premiešaním (TZSP) na vysokopevné ocele a ľahké konštrukčné materiály v automotive a energetike“. Projekt sa zamerlal na dve oblasti – **Overenie zvariteľnosti ľahkých kovov pre použitie v sektore automotive a transportation a Intenzívny vývoj zvariteľnosti zliatin na báze hliníka pre energetické aplikácie.** V rámci projektu bolo vyvinutých a navrhnutých **7 nových typov zvaracích nástrojov**

na zváranie hliníka a jeho zliatin. Certifikačným procesom úspešne prešlo 9 typov zvarových spojov a boli z nich vytvorené WPQR. Taktiež bol skonštruovaný a vyrobený **prvý prototyp celohliníkového podvozku nákladného vagóna na svete**, ktorý mal premiéru na najväčšej svetovej kontraktnej výstave v oblasti vlakovkej dopravy InnoTrans v roku 2022 v Berlíne. Výsledkom spolupráce s Tatravagónkou Poprad je podvozok Y25. Jeho hmotnosť sa v porovnaní s predchodcom znížila z 910 kg na 450 kg, čo umožňuje zvýšiť celkovú nosnosť štandardného nákladného vagóna o 920 kg.

VÚZ v rámci výskumu aplikácií trecieho zvárania s premiešaním tiež skonštruoval **prenosné zariadenie na zváranie v prostredí silného magnetického poľa.** Obdoba takéhoto zariadenia, alebo technológie vo svete dovtedy neexistovala. V roku 2021 s ním **VÚZ realizoval výnimočné opravné zváranie hliníkového zbernicového systému v hale elektrolyznej výroby hliníka (Slovalco).**

VÝNIMOČNOSŤ opravy spočívala v tom, že bola uskutočnená počas plnej prevádzky elektrolyzy, vo veľmi vysokom magnetickom poli, pri ktorom nebolo možné použiť tradičné spôsoby zvárania. Už krátka odstávka elektrolyzy pre potreby opráv tradičným zvarovaním by prinášala nemalé technologické problémy pri jej opätovnom nábehu, ktoré by negatívne vplyvali na efektívnosť výroby hliníka. Prenosné zariadenie VÚZ na trecie zváranie s premiešaním tak pomohlo výrobcovi hliníka udržať si nákladovú efektívnosť. Získal spoje, ktoré si zachovali vodivosť, ale aj pevnosť a únavovú odolnosť.

VÚZ sa v ostatných rokoch venoval viacerým zákazkám pre najnáročnejších zákazníkov (petrochemia, jadrová energetika), v rámci ktorých poskytoval svoju expertízu v oblasti reverzného inžinieringu, NDT, inšpekčných činností a analýz príčin poškodenia, ale aj v oblasti materiálovej výroby a návrhu riešení. Vďaka schopnosti dostať sa problémom až „na atóm“, zákazníci služby VÚZ naďalej vyhľadávajú.

(red)

pozn.: Viacero iných, nemenej zaujímavých projektov sme predstavili v jubilejnom čísle časopisu **Zváranie-Svařování**, kde mapujeme 75 rokov VÚZ.

