PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s.

Zborník prednášok

PZVAR MEETING 2025

Hotel ATRIUM High Tatras Nový Smokovec



ISBN 978-80-89421-21-3

Príspevky uverejnené v zborníku boli recenzované.

Recenzenti:

doc. Ing. Peter Polák, PhD.

Ing. František Kolenič, PhD.

ZVÁRAČ profesionál

OBSAH

ZVÁRANIE HLINÍKA A JEHO ZLIATIN KONCENTROVANÝMI ZDROJMI ENERGIE
Ing. Daniel Dřímal, PhD., PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s., Bratislava

EKONOMIKA A NÁVRATNOSŤ PRI ZVÁRANÍ
p. Pavel Humlach, EWM HIGHTEC WELDING s.r.o., Jiříkov, ČR

ORBITÁLNE ZVÁRANIE VO VÁKUOVÝCH SYSTÉMOCH
p. Martin Boďa, RTC Engineering a.s., Trnava

ODBORNÝ PROGRAM PRE ZVÁRAČSKÉ ŠKOLY A ŠKOLIACE STREDISKÁ NDT
Ing. Eva Gubóová, PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s., Bratislava

NEDEŠTRUKTÍVNE SKÚŠANIE SPÁJKOVANÝCH SPOJOV
Ing. Tomáš Meluš, PhD., Slovenská technická univerzita, UVTE MTF v Trnave

TECHNOLOGICKÉ MODIFIKÁCIE ABRAZÍVNEHO VODNÉHO PRÚDU - ANALÝZA TECHNOLOGICKEJ VARIABILITY
doc. Ing. František Botko, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove

NEDEŠTRUKTÍVNE MERANIE TVRDOSTI
p. Ivan Opatt, SlovCert s.r.o., Bratislava

NOVÉ ZVÁRACIE ZDROJE FRONIUS FORTIS 270-500
p. Patrik Kosmál, Fronius Slovensko, s.r.o., Trnava

VYUŽITIE TECHNOLÓGIE PTA PRI VÝROBE FUNKČNÝCH POVRCHOV
prof. Ing. Ján Viňáš, PhD., prof. Ing. Janette Brezinová, PhD., Ing. Jakub Brezina, PhD., Strojnícka fakulta, TU Košice

KORÓZIA VČERA, DNES A ZAJTRA Z POHĽADU TECHNIKA
Ing. Milan Lacena, PhD., eustream, a.s. Bratislava

ANALÝZA KVALITATÍVNYCH PARAMETROV POLYETYLÉNU PRE APLIKÁCIE OCHRANNÝCH RÚR PLYNOVODOV
doc. Ing. Miloš Mičian, PhD., p. Sergej Mamikonyan, Strojnícka fakulta, ŽU Žilina

DETEKCE A LOKALIZACE TRHLIN V KONSTRUKCÍCH A TLAKOVÝCH NÁDOBÁCH
Ing. Václav Svoboda, Preditest, s.r.o. Praha, ČR

ZVÁRANIE Z POHĽADU ZISŤOVANIA PRÍČIN VZNIKU POŽIAROV
pplk. Mgr. Stanislav Kováč, Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR, Bratislava

ZMENY V PRIEMYSELNOM LEPENÍ 2019 - 2025
p. Marián Krivánek, SVV Praha, s.r.o., Moravany, ČR

NEDEŠTRUKTÍVNE METÓDY KONTROLY PRI VÝKONE TECHNICKO - BEZPEČNOSTNÉHO DOHĽADU NAD VODNÝMI STAVBAMI

Ing. Jakub Porubčan, PhD., Vodohospodárska výstavba, š.p. Bratislava

INDUKČNÝ OHREV KOVOV
Solík SK, s.r.o., Považská Bystrica

NORMY SÚVISIACE SO ZVÁRANÍM A NDT
Ing. Branislav Šimovič, PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s., Bratislava

ZMENY A AKTUALITY NA AAS
Ing. Eva Gubóová, PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s., Bratislava

RUČNÉ ZVÁRANIE LASEROM
Ing. Attila Tarcsi, PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s., Bratislava

REVÍZIA NORMY STN EN ISO 13585: 2024, ZMENY KTORÉ NÁS OVPLYVNILI
Ing. Attila Tarcsi, PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s., Bratislava

KREDITNÝ SYSTÉM PREDLŽOVANIA CERTIFIKÁTOV NDT – SKÚSENOSTI Z PRAXE
Ing. Eva Gubóová, Ing. Štefan Furik, PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s., Bratislava

Za obsahovú stránku príspevkov zodpovedajú autori.

ISBN 978-80-89421-21-3

EAN 9788089421213

ZVÁRANIE HLINÍKOVÝCH ZLIATIN KONCENTROVANÝMI ZDROJMI ENERGIE

Ing. Daniel Dřímal, PhD., Ing. Ľuboš Kováč, Ing. Slavomír Lipár, PhD.

PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s., Bratislava

Abstrakt

Príspevok prezentuje hlavné problémy pri zváraní hliníkových zliatin, predstavuje možnosti zváracích metód založených na koncentrovaných zdrojoch energie. Podrobnejšie analyzuje problematiku laserového zvárania zliatiny AW 6005A s využitím technológie BrightLine a vplyv vybraných parametrov na kvalitu a rozmerové charakteristiky zvarov. V ďalšej časti je popísané zváranie tvárnenej zliatiny AlZn4,5Mg1 a tlakovoliatej zliatiny ALSi10Mg(Fe). Je odôvodnená voľba zváracieho režimu a zváracích parametrov a sú prezentované výsledky zvárania

.

1 Úvod

Hliník a jeho zliatiny predstavujú veľmi špecifický materiál s výnimočnými úžitkovými vlastnosťami. Vzhľadom na tieto vlastnosti sa používa hliník a jeho zliatiny v širokom spektre priemyselnej výroby napr. potravinárstvo, hutníctvo, letecký priemysel, automobilový priemysel atď. Legovanie hliníka umožňuje vytvoriť rôzne druhy zliatin so širokým intervalom vlastností pre mnohé aplikácie. Medzi najviac používané hliníkové zliatiny patria triedy typu AW 5XXX a AW 6XXX. Obe zliatiny sú dobre zvariteľné, ale samozrejme tak ako iné trpia relatívne vysokou náchylnosťou na vznik defektov pri zváraní, predovšetkým štruktúrneho charakteru ako je pórovitosť, trhliny alebo praskliny [1]. Tieto defekty nepriaznivo ovplyvňujú mechanické vlastnosti a preto je nevyhnutné predchádzať ich vzniku.

1.1 Problematika zvárania hliníkových zliatin

Problematika zvárania hliníkových zliatin je komplexná a ovplyvňovaná mnohými faktormi, či už chemickým zložením, spracovaním alebo technológiou výroby. Základné problematické oblasti sú nasledovné:

- Prítomnosť povrchovej vrstvy oxidu hlinitého, ktorá sa na povrchu okamžite vytvára pri styku so vzduchom. Pri oblúkovom zváraní (najmä odliatkov) musí byť pred zváraním odstránená alebo aspoň narušená, aby bolo možné dosiahnuť vysokokvalitné a celistvé zvary. Na to sa používa trieskové obrábanie, pilovaním, zoškrabovaním alebo chemicky. Prítomnosť oxidickej vrstvy na zvarových plochách zhoršené zmáčanie povrchu tavným kúpeľom a riziko vzniku studených spojov a zhoršenie plastických vlastností zvarov. Keďže oxidická vrstva je pórovitá, v póroch môže a býva prítomna vzdušná vlhkosť, ale aj uhľovodíkové látky

(separačné prostriedky z procesu odlievania, mazadlá z procesu tvárenia alebo rezná kvapalina z trieskového obrábania). Vlhkosť a látky prítomné v oxidickej vrstve sú jednou z hlavných príčin pórovitosti zvarov.

- Vysoká tepelná vodivosť vodivosť Al a jeho zliatin je približne polovičná oproti Cu no 4x vyššia ako nízkolegovaných ocelí. Intenzívny odvod tepla do materiálu zvyšuje energetickú náročnosť zváraní a nutnosť použitia vyššieho tepelného príkonu v porovnaní s oceľami, napriek podstatne nižšej teplote tavenia. Na zmiernenie tepelných strát odvodu tepla do materiálu sa môže použiť aj predohrev, čo nie je efektívne v prípade kadenčného alebo sériového zvárania.

- Vysoký koeficient tepelnej rozťažnosti významne ovplyvňuje zvariteľnosť Al zliatin a je približne 2x vyšší ako u ocelí. Vyššia tepelná rozťažnosť bude spôsobovať spoločne s nerovnomerným ohrevom väčšie deformácie. Zároveň vysoké hodnoty tepelnej rozťažnosti a vysokých hodnôt tepelnej vodivosti môže spôsobovať značné napätia a deformácie od zvárania a zvyšovať náchylnosť na praskanie zvaru.

- Nízka viskozita tavného kúpeľa môže mať za následok vytekanie tavného kúpeľa, nadmerné pretečenie zvaru a komplikuje zváranie v polohách iných než PA

- Obsah plynov v zliatine a to predovšetkým vodík je jedným z plynov, ktorý má vysokú rozpustnosť v tekutej, ale aj v tuhej fáze hliníka a jeho zliatin. Prudké zvýšenie rozpustnosti vodíka v tavenine oproti tuhej fáze spôsobuje tvorbu pórov pri tuhnutí taveniny, teda aj zvarového kovu. Pórovitosť zvarového kovu sa vyskytuje pri zváraní konvenčnými metódami, ako aj pri zváraní koncentrovanými energiami (elektrónový a laserový lúč). Pri elektrónovolúčovom zváraní sa vodík do zvarového kovu dostáva zo základného materiálu a prírodných uhľovodíkov (mastnota) na povrchu kovu a jeho obsah vo zvarovom kove závisí aj od podmienok zvárania, pričom vákuový proces napomáha odstraňovaniu vodíka z taveniny zvarového kovu. Dôležité je aj odstránenie oxidickej vrstvy na povrchu zváraných plôch tesne pred zváraním, ktorá z dôvodu svojej poréznosti absorbuje vzdušnú vlhkosť. Je známe, že pri vyšších teplotách taveniny a dlhšej dobe zotrvania v tekutom stave plyny síce z taveniny unikajú rýchlejšie (najmä vo vákuu), ale súčasne umožňujú rýchlejšiu difúziu plynov, najmä vodíka zo základného materiálu v okolí zvaru do zvarového kovu.

- Degradácia deformačného a precipitačného spevnenia procesom zvárania vplyvom tepelného cyklu dochádza k popusteniu štruktúry spevnenej tvárnením za studena alebo prestarnutie štruktúry v prípade precipitačne spevnených zliatin.

- Náchylnosť na horúce praskanie je problém pri zváraní zliatin so širším intervalom tuhnutia. Zliatiny s neeutektickým zložením tuhnú v určitom intervale teplôt. Dôsledkom toho je, že zliatina s chemickým zložením s nižšou teplotou tavenia je vytláčaná pred front tuhnutia. Keď je rozdiel v teplotách tavenia medzi eutektikom s nízkou teplotou tavenia a väčšinou kovu výrazne vyšší, tekutý film na hraniciach zŕn sa môže porušovať tak, ako kov chladne a sťahuje sa. Všetky Al zliatiny sú v určitej miere citlivé na horúce praskanie. Líšia sa len v miere náchylnosti (vid obr. 1).



Obr.1 Vplyv chemického zloženia na citlivosť na praskanie

1.2 Zváranie koncentrovanými zdrojmi energie

Z tavných metód sú z pohľadu zvárania hliníkových zliatin relatívne dobre zvládnuté metódy MIG a TIG, hlavne kvôli dobrej možnosti ochrany zváracieho procesu. Medzi ich hlavné nevýhody v porovnaní s metódami využívajúce koncentrované zdroje energie patrí napríklad väčšia TOO a tiež potreba použitia vyšších zváracích prúdov kvôli vysokej tepelnej vodivosti hliníka, čo môže mať za následok deformácie zvarenca. Z pohľadu produkcie je nevyhnutné spomenúť že pri zváraní zverencov zložitejších tvarov, vzniká v prípade automatizovaného zváracieho pracoviska, ktorého zváracie pohyby zabezpečuje priemyselný robot, problém s dostupnosťou horáku. Preto môže byť v prípade použitia zváracích metód MIG, TIG na robotizovaných zváracích pracoviskách nutné miesta s horšou dostupnosťou zvárať ručne, čo má samozrejme nepriaznivý vplyv z pohľadu produkcie. Taktiež je potrebné spomenúť nedostatok v použití prídavného drôtu. Použitie prídavného materiálu v plne automatizovanom zváracom pracovisku pre zváranie zložitejších tvarov môže byť veľmi problematické a v častých prípadoch z hľadiska dostupnosti zváracieho horáku k danému miestu až nemožné [2]. Práve kvôli týmto nedostatkom sa ako efektívnejšie metódy v takýchto prípadoch zvárania javia metódy s využitím koncentrovaných zdrojov energie, z ktorých sú najčastejšie uplatňované zváranie elektrónovým a laserovým lúčom. V oboch prípadoch je možné dosahovať hlboké prievary pri zachovaní relatívne úzkej TOO.

Zváranie koncentrovanými zdrojmi energie predstavuje unikátne technológie tavného zvárania. Špecifickými vlastnosťami týchto technológií, v porovnaní s ostatnými klasickými tavnými metódami zvárania, sú vysoká rýchlosť zvárania pri minimálnej spotrebe energie na jednotku dĺžky zvaru, hlboký prienik fokusovaného lúča (laserového alebo elektrónového) do zváraného materiálu a s tým spojený charakteristický štíhly profil zvarového spoja s úzkou TOO. Ďalšou prednosťou lúčovými technológiami sú minimálne deformácie od zvárania, ako dôsledok menšieho je objemu tavného kúpeľa a TOO. Objem tepelne zasiahnutého materiálu je mnohonásobne menší ako pri oblúkových technológiách. V prípade elektrónového lúča je prednosťou aj „dokonalá“ ochrana zvarového spoja pred oxidáciou, pretože zváranie sa uskutočňuje v prostredí stredného alebo vysokého vákua. Vysoké vákuum môže byť problémom pri zváraní zliatin obsahujúcich prvky s vysokým tlakom nasýtených pár, ktoré sa

pri zváraní môžu odparovať. Následkom odparovania môže byť zvýšená pórovitosť v zvarovom kove a zároveň aj zmena pokles mechanických vlastností v dôsledku poklesu obsahu legujúcich prvkov.

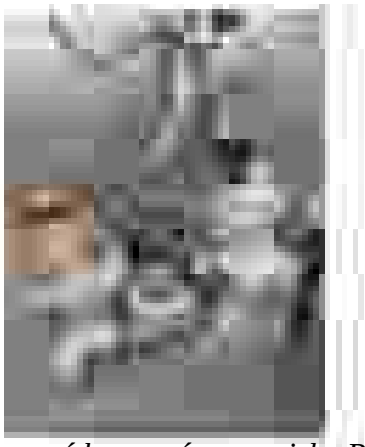
Obe technológie, ako elektrónový tak aj laserový lúč, majú svoje obmedzenia a špecifiká, ktoré je pri voľbe parametrov a nastavovaní procesu mať na zreteli. V prípade zvárania laserovým lúčom vstupuje do hry aj nižšia absorpcia laserového žiarenia materiálom, čo sa negatívne prejaví na hĺbke prievaru. V oboch prípadoch technológií zohráva podstatnú rolu aj relatívne malý obje tavného kúpeľa, turbulentnosť procesu a riziko kolapsu paroplynového kanála. Čo je častým prípadov tvorby defektov.

Potlačenie vzniku vnútorných defektov vo zvarovom kove je v prípade použitia koncentrovaných lúčových zdrojov možné ovplyvňovaním tvaru a rozmerov paroplynového kanálu (keyhole). [3]. Základom zvárania bez nežiadúcich defektov je vytvorenie stabilného a dostatočne širokého keyhole. Rozmer a tvar keyhole sa dá ovplyvňovať polohou ohniska lúča, avšak defokusácia sa okrem rozšírenia keyhole prejaví aj na redukcii hĺbky prievaru. To je signifikantné najmä v prípade laserového lúča. Ďalšou možnosťou zväčšenia priemeru paroplynového kanála je zmena geometrie lúča, ktorá sa využíva hlavne pri laserovom lúči. Jedná sa o pomerne nové riešenie (BrightLine – TRUMPF alebo Adjustable ring mode IPG, založené na použití koaxiálneho optického vlákna, ktoré je tvorené svetlovodivým jadrom a prstencom. V generátore je možné pomocou optického hranola nastaviť pomere výkonov laserového lúča nasmerovaný do jednotlivých častí optického vlákna. To umožňuje meniť „mód“ resp. rozloženie energie v mieste interakcie lúča s materiálom a to od módu TEM_{00}, cez mód TEM_{10} až po mód TEM_{01}. Riadenou zmenou rozloženia energie je možné menšiť koncentráciu energie (rozšíriť laserový lúč), bez výraznejšej straty hĺbky prievaru, zachovaním dostatočne veľkej intenzity lúča v centrálnej časti.

Pri elektrónovom lúči nie je možné takýmto spôsobom meniť geometriu rozloženia energie v lúči. Namiesto toho je možné použiť dynamické vychyľovanie lúča. To môže byť v podobe oscilácie lúča na zlepšenie premiešania tavného kúpeľa, prípadne rozšírenia paroplynového kanála. Ďalšou možnosťou je dynamické vychyľovanie elektrónového lúča v diskrétnych pozíciách s veľmi rýchlymi preskokmi a vytvorenie viacerých nezávislých procesov.

2 Príklad zvárania laserovým lúčom

Experimenty boli realizované na robotizovanom laserovom pracovisku PZ UNILAS 1 (obr. 2). Ako zvárací zdroj bol použitý pevnolátkový diskový generátor TRUMPF TruDisk 5001 s vlnovou dĺžkou laserového žiarenia 1,03 μm a výkonom do 5 000 W. Laserový generátor je osadený dvoj-jadrovým transportným optickým vláknom s priemermi jadier 100 a 400 μm (technológia BrightLine). Laserový lúč je spracovaný technologickou hlavicou BEO D70 s ohniskovou vzdialenosťou 200 mm. Polohovanie technologickej hlavice realizuje 6-osí priemyselný robot OTC Daihen FD A20 so zvýšenou presnosťou určený pre aplikácie s lasermi.



Obr. 2 Robotizované laserové pracovisko PZ UNILAS 1

Experimentálny materiál bol extrudovaný hliníkový profil zo zliatiny AW 6005A. Jedná sa o ternárnu zliatinu vytvrditeľnú zliatinu na tvárnenie s mernou hmotnosťou 2 700 kg/m^3. Teplota tavenia zliatiny je v rozsahu 585-650 ˚C. Obsahuje relatívne malé množstvá legúr Si a Mg (do 1%).Vytvrdenie je dosiahnuté vylúčením fázy Mg_2Si. Na miestach, kde sa táto fáza nevylúči nastáva pokles pevnosti. AW 6005A je citlivá na horúce praskanie zvarového kovu predovšetkým bez použitia prídavného materiálu. Zváranie tejto zliatiny komplikuje degradácia mechanických vlastností zvarového kovu a v TOO. Po zvarení je problém dosiahnuť mechanické vlastnosti zvarového kovu na úrovni základného materiálu aj po režime umelého alebo prirodzeného starnutia. Napriek tomu je jej zvariteľnosť na veľmi dobrej úrovni a je možné ju tepelne spracovať a tým vylepšiť mechanické vlastnosti. Chemické zloženie a mechanické vlastnosti zliatiny AW 6005A sú uvedené v tab. 1 a 2. Skúšky zvárania boli realizované na vzorkách hrúbky 2 mm.

Tab. 1 Chemické zloženie AW 6005A [hm.%]

Si [% hm.]	Fe [% hm.]	Cu [% hm.]	Mn [% hm.]	Mg [% hm.]	Cr [% hm.]	Zn [% hm.]	Ti [% hm.]	Al
0,5 – 0,9	< 0,35-	< 0,3	< 0,5	0,4 – 0,7	< 0,3	< 0,2	< 0,1	Zv.

Tab. 2Mechanické vlastnosti AW 6005A (t<5mm)

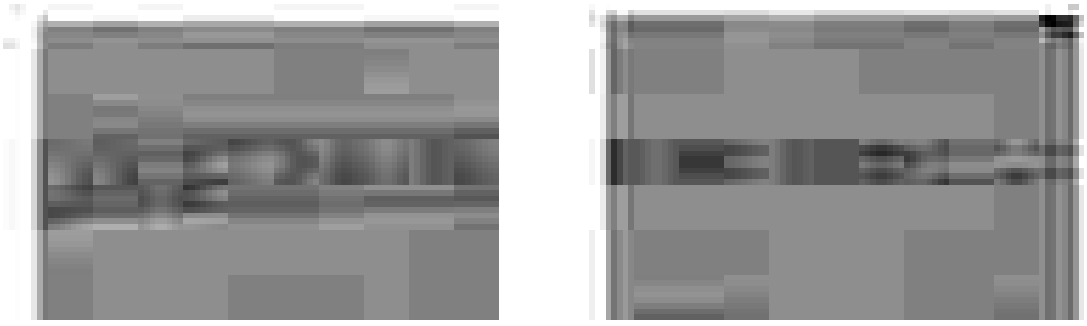
$Rp_{0,2}$[MPa]	Rm[MPa]	A[%]	HB	E[MPa]
225	270	8	90	70

Experimentálne práce boli zamerané na posúdenie možností ovplyvňovania zvaru pomocou technológie BrightLine a posúdení poklesu hĺbky prievaru so zmenou koncentrácie energie. Skúšky boli vykonané pri troch rôznych úrovniach výkonu s ohniskom laserového lúča. Pre daná hodnotu výkonu bola stanovená maximálna rýchlosť pri ktorej je dosiahnuté prevarenie celej hrúbky materiálu (2 mm) s vytiahnutým a súvislým koreňom pri výkone nasmerovaným do jadra transportného vlákna (BL pomer jadro: prstenec 100:0). Skúšky boli realizované formou prietavov s dĺžkou 100 mm. Pre každú kombináciu výko, rýchlosť zvárania boli vykonané prietavy s rôznym nastavením pomerom delenia výkonu BL jadro:prstenec a to 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80. Použité technologické parametre spoločne s nameranými hodnotami šírky prietavov na povrchu, v koreni a dosiahnutou penetráciou sú uvedené v tab. 3

Tab. 3 Výsledné paramatre zvárania pre technológiu BL

P [W]	v_z [mm/s]	Číslo vzorky	Distribúcia výkonu jadro:prstenec	šírka zvaru na povrchu [mm]	šírka zvaru v koreni [mm]	Hĺbka prievaru [mm]	Vnesené teplo Q [J/mm]
1500	38,33	3	100:0	2,74	2,25	2,42	39,13
		6	80:20	2,66	1,26	2,26	
		9	60:40	2,15	-	1,34	
		12	40:60	1,01	-	0,62	
		15	20:80	0,37	-	0,27	
2500	83,33	2	100:0	2,12	1,09	2,56	30
		5	80:20	2,23	1,76	2,5	
		8	60:40	2,05	1,21	2,32	
		11	40:60	1,88	-	1,57	
		14	20:80	1,23	-	0,77	
5000	233,33	1	100:0	1,54	1,01	2,34	21,43
		4	80:20	1,26	1,05	2,17	
		7	60:40	1,56	0,93	2,05	
		10	40:60	1,55	0,93	2,11	
		13	20:80	1,69	0,9*	2,5	

Povrch zvarovej húsenice bol členitý pri všetkých režimoch zvárania pre nastavenia BL 100% do jadra (vzorky č. 1, 2, 3). Na zvaroch bolo možné pozorovať rozstrek zvarového kovu, solidifikačné vlny vytvorené počas tuhnutia a mierne zápaly (obr. 4a). Vzorky č.4, 5, 6 boli podobné prvým vzorkám avšak s mierne zníženým rozstrekom. Pre prietavy s pomerom BL 60% do jadra sa množstvo rozstreku výrazne znížilo, ale povrch bol stále členitý. Členitosť povrchu bola najmenšia až pri pomere BL 20% do jadra (obr. 4b).



a) *b)*

Obr. 3 Zvarové húsenice s rozdielnym pomerom BL jadro:prstenec: a) vzorka č.2, b – vzorka č.14 (viď tab.3)

Vzorky vyhotovené pri rýchlosti v_z = 233,33 mm/s a výkone P = 5000 W s pomerom BL 40% a 80% do jadra (vzorky č. 10 a č.4) vykazovali najväčší rozstrek v koreňovej oblasti. Najmenší rozstrek bolo možné pozorovať pre vzorky s pomerom BL 100 % a 20 % (vzorky č. 1 a č. 13), avšak vzorka č. 13 nemala súvislý koreň. Pre vzorky zvárané rýchlosťou v_z = 83,33 mm/s, výkonom P = 2500 W boli korene zvarov dosiahnuté len pri vzorkách č. 2, 5, 8. Rozstrekv oblasti koreňa bol najmenší opäť pri BL 100 % do jadra (vzorka č.2). Prietavy vyhotovené s pomerom BL do jadra 80% a 60 % (vzorky č. 5, 8) mali koreň s menším množstvom defektov. Pri vzorkách zváraných rýchlosťou v_z = 38,33 mm/s, výkonom P =

1500 W, bol dosiahnutý úplný prievar len pri vzorkách č.3 a 6. Rozstrek pri týchto vzorkách bol minimálny.

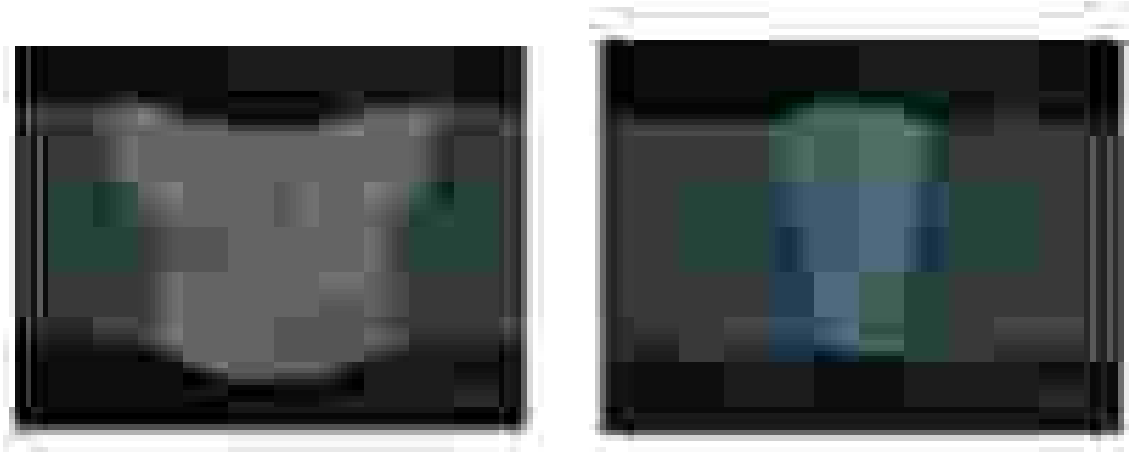
Pri meraní šírky zvarov bol najväčší rozdiel pozorovaný pri vzorkách zváraných s v_z = 38,33 mm/s a P = 1500 W. Najväčšia šírka zvaru bola nameraná na vzorke s pomerom BL 100% do jadra (vzorka č.3) a to h_z = 2,74 mm. Naopak najmenšiu šírku zvaru mala vzorka s pomerom BL 20 % do jadra (vzorka č.15) a to h_z = 0,37 mm, to bolo spojené s poklesom penetračnej schopnosti lúča vplyvom nízkej koncentrácie energie.
Prietavy zvárané s v_z = 83,33 mm/s, P = 2500 W mali podobný priebeh až na to, že najširší zvar h_z = 2,23 mm, bol nameraný na vzorke s pomerom BL 80% (vzorka č. 5) do jadra. Šírka zvarov so zvyšujúcim pomerom výkonu nasmerovaným do prstenca klesala menej ako pri vzorkách s parametrami s v_z = 38,33 mm/s a P = 1500 W. Šírka prietavov vyhotovených s v_z = 233,33 mm/s, P = 5000 W mali iný priebeh. Najväčšia nameraná šírka zvaru h_z = 1,69 mm bola v prípade prietavu s pomerom BL 20% do jadra(vzorka č. 13) a najmenšiu šírku h_z = 1,26 mm mal prietav s pomerom BL 80 % do jadra (vzorka č. 4). Jednotlivé hodnoty pre ostatné vzorky sú graficky znázornené na obr. 4. Pri vyhodnocovaní šírky koreňov zvarov bol pozorovaný podobný priebeh ako pri meraní šírky povrchu zvarov. Pri parametroch v_z = 38,33 mm/s, P = 1500 W bol pri pomere BL 100% do jadra (vzorka č. 3) koreň najširší, ale vplyvom rozloženia energie do prstenca šírka klesala strmšie ako pri ostatných rýchlostiach. Pre zvary vyhotovené s v_z = 83,33 mm/s, P = 2500 W mala šírka koreňa podobný priebeh. V prípade parametrov v_z = 233,33 mm/s, P = 5000 W bola nameraná šírka koreňa pomerne konštantná pri všetkých pomeroch rozloženia energie až na posledný, kde už bola koncentrácia energie nedostatočná na udržanie prievaru a koreň bol prerušovaný.

Vplyv nastavenia pomeru delenia výkonu lúča pomocou BL sa najvýraznejšie prejavil na hĺbke prievaru pri zváraní parametrami: v_z = 38,33 mm/s, P = 1500 W. Plné prevarenie materiálu bolo dosiahnuté len pri BL 100 % a 80 % do jadra. Ďalšie zvyšovanie energie v prstenci malo za následok rapídnu stratu schopnosti prievaru (viď obr. 4). Pri vzorke č. 15 sa jednalo o jemné natavenie povrchu materiálu, prakticky bez vytvorenia paroplynového kanála. Pri vzorkách zváraných v_z = 83,33 mm/s, P = 2500 W bol priebeh hĺbky prietavu v závislosti od pomeru delenia BL podobný. Najhlbší prievar bol dosiahnutý pri pomere BL 100% do jadra (vzorka č. 2) s tým rozdielom, že strata prietavu nastala pri BL 60% do jadra (vzorka č. 11). Hĺbky prietavov pre zvary vyhotovené v_z = 233,33 mm/s, P = 5000 W boli pre každý pomer BL relatívne rovnaké. Odchýlky od priemeru týchto hĺbok neboli väčšie ako 0,17 mm. Grafické znázornenie hĺbky prievaru v závislosti na pomere rozdelenia energie BL jadro:prstenec je na obr. 4.



Obr. 4 Závislosti hĺbky prievarov a šírky povrchu zvaru od pomeru rozdelenia energie jadro:prstenec

Pri hodnotení celistvosti zvarov na makroskopických rezoch bolo pozorované zvýšené množstvo pórov pri vzorkách zváraných najnižšou rýchlosťou s v_z = 38,33 mm/s, P = 1500 W. Pri týchto vzorkách bolo pozorované aj prepadnutie zvarov a pretečenie koreňa Všetky tieto tri chyby boli pozorovateľné pri vzorke s pomerom BL 100 % do jadra (vzorka č. 3). Vzorka s pomerom 80 % do jadra (vzorka č. 6) obsahovala pór a veľkosť prepadnutia povrchu zvaru a pretečenie koreňa nebola už taká značná ako v prvom prípade. Pre zvyšné vzorky s týmito parametrami nebola pozorovaná pórovitosť a ani prepadnutie zvaru, ale v týchto prípadoch nebol dosiahnutý prievar. Pri režime zvárania pre v_z = 83,33 mm/s, P = 2500 W sa vyskytovali obdobné chyby. Póry sa nachádzali v zvarovom kove pri prietave s pomerom BL 40% do jadra (vzorka č. 11). Pozorovaná bola prítomnosť povrchovej trhliny. Prepadnutý zvar a pretečený koreň boli pozorované vo zvare pri vzorke s pomerom BL 80 % do jadra (vzorka č. 5). Zápal v koreni a pretečený koreň boli pozorované na vzorke s pomerom BL 100 % do jadra (vzorka č. 2). Dobrú kvalitu zvarového kovu vykazovala vzorka s pomerom BL 60 % do jadra(vzorka č. 8) a vzorka č. 14 na ktorej však nebol dosiahnutý prievar. Na sade vzoriek s v_z = 233,33 mm/s, P = 5000 W nebola pozorovaná pórovitosť. Vznikali tu však horúce trhliny a tie sa nachádzali v najväčšom množstve na vzorke s pomerom BL 60% do jadra vzorka č. 7 (obr. 5b). Táto vzorka obsahovala aj zápaly v koreni. Ostatné vzorky boli vyhovujúce, niektoré mali mierne pretečený koreň (vzorka č. 1) alebo zápaly na povrchu (vzorka č. 13). Najlepšie výsledky dosahovali vzorky č. 4 a č. 10, ktoré neobsahovali žiadne defekty.



Obr. 5 Makroskopické vzorky: a – prietav č.3, b – prietav č.7 (viď tab.3)

2.1 **Diskusia k výsledkom**

Hliníková zliatina AW 6005A zváraná laserovým lúčom vykazuje defekty vo forme pórov, trhlín a geometrie zvarov (prepadnutý zvar, pretečený koreň a zápaly) v závislosti na použitých parametroch. Tieto skutočnosti boli pozorované najmä pri vzorkách s rozdelením výkonu 100% do jadra, v kombinácií s rôznymi zváracími výkonmi a rýchlosťami. Povrchy a korene zvarov majú v tomto prípade takisto zníženú kvalitu, hlavne kvôli defektom akými sú rozstrek, zápaly či pretečenie koreňov zvarov. Všetky tieto defekty vznikli pravdepodobne kvôli nedostatočnej stabilite keyhole, v kombinácií s nevhodnými zváracími parametrami.

Vzorky vyrobené s parametrami v_z = 38,33 mm/s, P = 1500 W strácali prievar už pri pomere BL 60% jadro. Prievar nebol dosiahnutý kvôli nízkej koncentrácii energie a následkom toho nebol laserový lúč, pri interakcii s povrchom, schopný vytvoriť dostatočne hlboký keyhole. Šírka zvarov sa rapídne zužovala rozdeľovaním výkonu do prstenca od pomeru BL 80% do jadra a kvalita povrchu zvaru sa vďaka znižovaniu koncentrácie energie zlepšovala. Makroskopické výbrusy pre tieto vzorky potvrdili prítomnosť pórov, pretečené korene, zápaly, prepadnuté zvary, pre hodnotu BL 100% a 80% do jadra. Prepadnutý zvar a pretečený koreň je možné vysvetliť veľmi malou zváracou rýchlosťou umožnila dosiahnutie prietavu v požadovanej hĺbke. Pre tieto faktory vyšiel najlepší zvar z pomedzi všetkých prietav s pomerom BL 80 % do jadra a 20% do prstenca. Tento zvar mal najmenej defektov a najlepšiu geometriu zvaru v rámci týchto parametrov.

Pri sade vzoriek zváraných v_z = 83,33 mm/s, P = 2500 W došlo k strate prievaru pri pomere rozdelenia energie 40 % do jadra. Spôsobené to mohlo byť nižšou koncentráciou energie, podobne ako pri predošlých parametroch. Šírky zvarov mali podobný priebeh ako v_z = 38,33 mm/s, P = 1500 W avšak šírka sa neznižovala tak rapídne (vďaka vyššiemu výkonu). Kvalita povrchu zvarov bola podobná ako pri vzorkách uvedených vyššie. Makroskopická analýza v prípade vzoriek s v_z = 83,33 mm/s, P = 2500 W ukázala dobrú kvalitu pre určité rozloženia BL. Pre pomer energie 100% do jadra nedošlo pravdepodobne k rozšíreniu keyhole v dostatočnej miere a defekty geometrie a pórovitosť zvarového kovu tu boli pozorované. Pri pomere 60 % energie do jadra sa množstvo týchto defektov výrazne znížilo a bola dosiahnutá vysoká kvalita zvaru. Zaujímavosťou bolo, že pri pomere energie 40% do jadra a 60% do prstenca síce nebol dosiahnutý prievar, ale boli tu pozorované defekty ako pórovitosť a trhlina čo neplatilo pre nízke a vysoké zváracie rýchlosti. Najlepšia kvalita zvaru bola zistená pre pomer BL 60 % do jadra a 40 % do prstenca. Nachádzal sa tu znížený výskyt pórov a žiadne výrazné defekty geometrie zvaru.

Režim zvárania s parametrami v_z = 233,33 mm/s, P = 5000 W umožnil dosiahnúť prievary pri všetkých pomeroch rozloženia energie BL. Šírky zvarov mali stúpajúcu tendenciu, pretože do materiálu vstupuje dostatočné množstvo energie, ktoré umožňuje rozšíriť keyhole a nataviť väčšie množstvo materiálu. K rapídnemu zväčšeniu šírky zvaru nedošlo kvôli vysokej rýchlosti zvárania. Zlepšovanie kvality povrchu malo v prípade použitia BL podobný priebeh ako pri predošlých parametroch. Hodnotenie betalografických výbrusov preukázali rôzne kvality zvarov. Najlepšie výsledky boli zistené pri pomeroch BL 80% a 40% do jadra. Pre 80 % bol veľký výskyt rozstreku na povrchu zvaru spôsobený pravdepodobne slabou stabilitou keyholu. Najlepšie teda vyšla vzorka s pomerom rozdelenia energie jadro:prstenec 40:60. Tento pomer mal najpriaznivejší vplyv na skúmané faktory ako: rozstrek, geometria zvaru a výskyt trhlín.

3 Príklad zvárania elektrónovým lúčom

Hlavným cieľom realizovaných experimentov bolo posúdiť možnosti vytvorenia plynotesného zvarového spoja s hladkým povrchovým formovaním bez odstránenia povrchovej oxidickej vrstvy. Jednalo sa o zvarový spoj typu T – spoj kedy sa nám zásadne menia podmienky vyhotovenia zvarového spoja s porovnaním zvarového spoja na tupo. Pri T-spoji prechádza lúč cez materiál horného plechu do „stojiny“ a preto je podstatným faktom, že pri vyhotovovaní „T – spoja“ jestvujú tri povrchy, na ktorých sa nachádzajú vrstvy oxidu hlinitého, ktoré spôsobujú viacero problémov pri zváraní. Skúšky zvárania sa vykonávali na elektrónovolúčovom zariadení PZ EZ 4.

Experimenty boli vykonané na vybraných zliatinách hliníka, určených na odlievanie a tvárnenie.

Tvárnená zliatina AlZn4,5Mg1

Základný materiál AlZn4,5Mg1, je zliatina hliníka tvárnená pre všeobecné účely, ktorá disponuje maximálnou medzou pevnosti min 220 MPa. V praxi sa využíva pre strojné súčasti v automobilovom priemysle. Smerné chemické zloženie zliatiny AlZn4,5Mg1 v tab. 4.

Tab. 4 Chemické zliatiny AlZn4,5Mg1 (v hm %)

Si [% hm.]	Fe [% hm.]	Cu [% hm.]	Mn [% hm.]	Mg [% hm.]	Cr [% hm.]	Zn [% hm.]	Iné [% hm.]	Al
0,35	0,4	0,2	0,05-0,05	1,0-1,4	0,10-0,35	4,0-5,0	< 0,15	Zv.

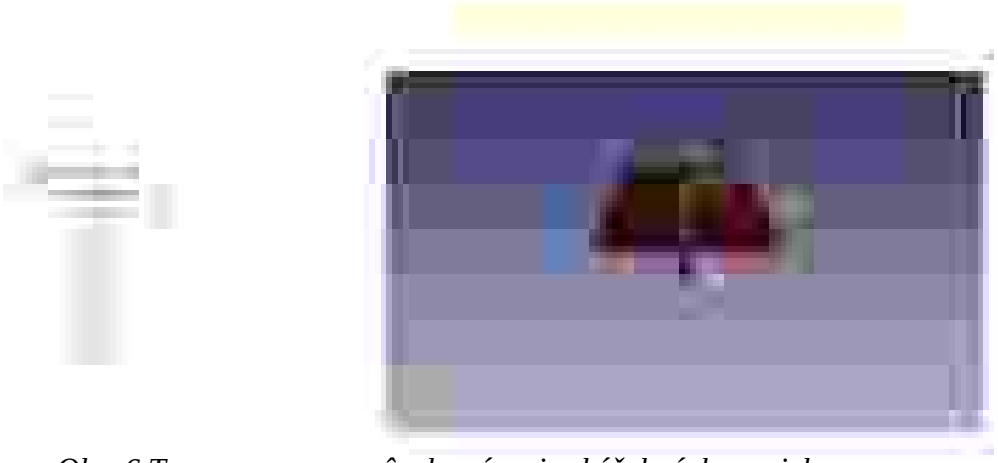
Tlakovo odlievaná zliatina AlSi10Mg(Fe)

Základný materiál AlSi10Mg(Fe), je zliatina hliníka na odliatky pre všeobecné účely, ktorá disponuje maximálnou medzou pevnosti min. 240 MPa. Pri odlievaní sa vyznačuje dobrou zabiehavosťou a tiež odolnosťou voči horúcemu praskaniu, čo zaručuje pomerne dobrú zvariteľnosť. V praxi sa využíva pre stredne namáhané tlakovo odliate komponenty. Smerné chemické zloženie zliatiny AlSi10Mg(Fe) je uvedené v tab. 5

Tab. 5 Chemické zloženie zliatiny AlSi10Mg(Fe) (v hm %)

Si [% hm.]	Fe [% hm.]	Cu [% hm.]	Mn [% hm.]	Mg [% hm.]	Ni [% hm.]	Zn [% hm.]	Pb [% hm.]	Sn [% hm.]	Ti [% hm.]	Iné [% hm.]	Al
9,0-11,0	0,45 - 0,9	< 0,10	0,55	0,25 – 0,50	0,15	0,15	0,15	0,05	0,2	< 0,15	Zv.

Experimentálne vzorky (obr. 6) pozostávali z dvoch hrúbok materiálov. Stojina „T“ bola konštantnej hrúbky h = 2,5 mm a vrchný diel mal hrúbku h = 2,5 mm, pričom do hĺbky h_1 =1 mm bola vyfrézovaná drážka šírky š = 2 mm.



Obr. 6 Tvar rozmery a spôsob zváranie skúšobných vzoriek

Pre odladenie parametrov zvárania boli stanovené požiadavky na kvalitu zvarového spoja nasledovne:

- hladké formovanie povrchu bez enormného prevýšenia alebo preliačenia povrchu zvarovej húsenice,
- celková hĺbka zvaru minimálne 3,5 mm,
- hĺbka prievaru do stojiny T profilu minimálne 1,5 až 2,5 mm,
- optimálna nosná šírka zvaru v oblasti styku základných materiálov, ktorá zaručuje pevnosť prietavkového zvarového spoja.

Vzorky z tvárnenej zliatiny AlZn4,5Mg1, bolo možné zvariť na jeden prechod elektrónového lúča (obr. 7). Pri zváraní nebola pozorovaná pórovitosť, nedochádzalo k extrémnemu odplyňovaniu zváraných materiálov ako v prípade tlakovo liatych Al – zliatin. Zliatina AlZn4,5Mg1 je zliatina náchylná na horúce praskanie, preto bolo potrebné upraviť režim zvárania tak, aby sme tepelným režimom potlačili náchylnosť na horúce praskanie vhodným tuhnutím zvarového kovu. Použité technologické parametre uvádza tab. 6.

Tab. 6 Technologické parametre zvárania EBW pri vyhotovovaní T – spoja materiál AlZn4,5Mg1

				Vychyľovanie EB				
	U_z [kV]	I_z [mA]	I_f [mA]	Vpp A	Vpp B	f [Hz]	v_z [mm/s]	h [mm]
1. Obeh	55	18	586	200	200	500	12	210

U_z - hodnota zváracieho napätia,
I_{zv} - hodnota zváracieho prúdu,
I_f - hodnota fokusačného prúdu,
v_z - rýchlosť zvárania,

V tab č. 7 sú uvedené optimálne parametre zvárania vzoriek z tlakovo liatych Al – zliatin, AlSi10Mg(Fe). Rýchlosť zvárania v_z bola stanovená konštantne na rýchlosť 50 mm/s. Pri nižších rýchlostiach dochádza k nadmernému prehrievaniu materiálu, expanzii plynov v materiály obsiahnutom a intenzívnej tvorbe pórov. Nastavením fokusačného prúdu sme umiestnili ohnisko EB lúča na povrch frézovanej drážky. Pre celistvosť a kvalitné povrchové formovanie zvaru sme použili dynamické vychyľovanie elektrónového lúča po kruhovej trajektórii pomocou vychyľovacích cievok. Parametre vychyľovania boli nasledovné:

- Amplitúda vychyľovania EB lúča 0,18 až 0,20 mm.
- Frekvencia 513 Hz.

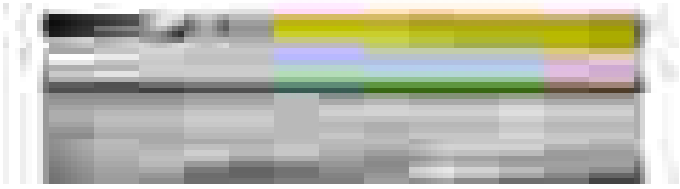
Pri odladení parametrov boli vykonané skúšky zvárania s jedným až štyrmi prechodmi lúča. Pre vytvorenie prietavkových zvarových spojov zo zliatina AlSi10Mg(Fe) sa ukázal ako vhodný spôsob zvárania proces s využitím štyroch prechodov elektrónového lúča z nasledujúcich dôvodov:

- lepšia kvalita zvarov z hľadiska povrchového formovania a celistvosti zvaru,
- zvýšené odplynenie zvarového kovu,
- zväčšenie šírky nosného prierezu a pevnosti zvarového spoja.

Tab. 7 Technologické parametre zvárania EBW pri vyhotovovaní T – spoja

				Vychylovanie EB				
	U_z [kV]	I_z [mA]	I_f [mA]	V_{pp} A	V_{pp} B	f [Hz]	v_z [mm/s]	h [mm]
1. Obeh	55	27	586	180	180	500	50	210
2. Obeh		30						
3. Obeh		25						
4. Obeh		20						

Vizuálna kontrola zvarových spojov pri prietavkovom zváraní tvárnenej Al - zliatiny AlZn4,5Mg1 potvrdila celistvosť povrchu zvaru bez nežiaducich netesností a pórovitosti (obr. 7). Formovanie zvarového kovu na povrchu zvaru bolo rovnomerné a plne vyhovuje požiadavkám. Bola dodržaná predpísaná hĺbka zvaru a šírka zvarovej húsenice v celej dĺžke skúšobnej vzorky. Zníženou rýchlosťou zvárania (v_z = 12 mm/s) sme zmenili režim tuhnutia zvarového kovu a potlačili riziko vzniku horúcich trhlín.



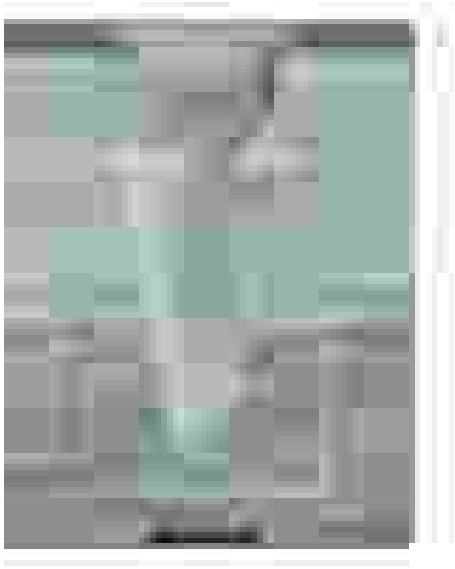
Obr. 7 Povrchové formovanie zvaru AlZn4,5Mg1

V procese zvárania tlakovo liatych AlSi – zliatin AlSi10Mg(Fe), bolo kľúčovým problémom vytváranie pórov a ich zhlukov vo zvarovom kove, čo bolo spôsobené predovšetkým vyšším obsahom plynov a nečistôt v základnom materiáli. Tento problém sme riešili použitím dynamického vychyľovania a viacnásobným prechodom lúča. Vizuálna kontrola vykonaná po jednotlivých obehoch potvrdila, že so zvyšujúcim sa počtom prechodov lúča sa množstvo pórov znižuje. Šírka zvarovej húsenice je približne konštantná s tým, že je dôležité po celej dĺžke skúšobnej vzorky zabezpečiť prítlak vrchného dielca ku stojine. Obr. 8 ilustruje vzhľad povrchu zvaru po štyroch prechodoch lúča po zvare.



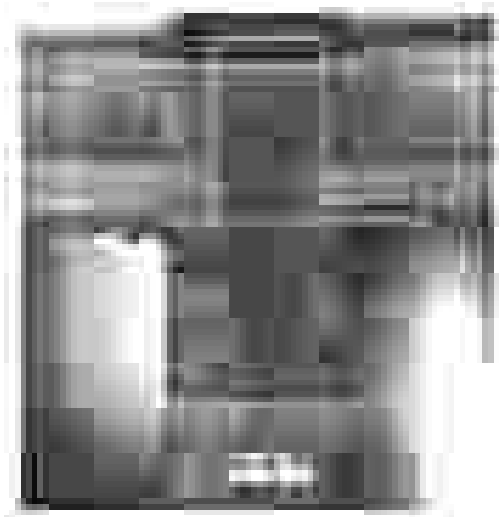
Obr. 8 Povrchové formovanie zvaru AlSi10Mg(Fe)

Makroskopická analýza na priečnom reze zvarových spojov vzorky AlZn4,5Mg1 (obr. 9) potvrdila, že vo zvare ani v oblasti TOO sa nevyskytujú vnútorne necelistvosti. Symetria geometrie zvarového spoja dokazuje, že bola volená správna fokusačná vzdialenosť s dobrou kvalitou elektrónového lúča. Šírka nosného prierezu je 1,05 mm pri celkovej hĺbke zvaru 3,2 mm. Hĺbka prievaru do stojiny je 1,06 mm.



Obr. 9 Makroštruktúra prietavkového spoja AlZn4,5Mg

Zhodnotením makroskopických vzoriek tlakovo liatych Al – zliatin AlSi10Mg(Fe), možno konštatovať, že z hľadiska požadovanej geometrie sú zvary vyhovujúce. V oblasti zvarového kovu (obr. 10) sa nachádzajú vnútorné chyby (uzavreté póry). Ich množstvo je z hľadiska mechanických vlastností vyhovujúce, pričom vieme dosiahnuť stabilnú kvalitu zvarov minimálne štvornásobným prechodom lúča. Šírka nosnej plochy cca. 1,4 až 1,6 mm, je postačujúca z hľadiska pevnosti spoja.



Obr. 10 Makroštruktúra prietavkového spoja AlSi10Mg(Fe), vnútorné chyby prietavkového zvaru

Z výsledkov experimentálnych skúšok elektrónovolúčového zvárania vykonaných na vybraných zliatinách hliníka, určených na odlievanie a tvárnenie, môžeme konštatovať, že boli dosiahnuté stanovené cieľové parametre. Pri zváraní zliatin na tvárnenie (AlZn4,5Mg1) bolo overené, že vyhotovenie kvalitného zvarového spoja s požadovanými vlastnosťami je možné dosiahnuť pri použití malých zváracích rýchlostí. Menšími zváracími rýchlosťami dokážeme upraviť teplotný režim zvárania tak, aby sme potlačili náchylnosť na horúce praskanie zvarového kovu. V prípade tlakovo liatych zliatin hliníka typu AlSi10Mg(Fe) sa

technológia elektrónovolúčového zvárania osvedčila. Overenou technológiou možno zvariť tieto materiály s vysokou kvalitou zvarového spoja bez necelistvostí, s minimálnou pórovitosťou a stanovenými mechanickými vlastnosťami pri dodržaní plynotesnosti spoja. Použitím vyšších rýchlostí zvárania sme zaistili kvalitu spoja bez rizika horúceho praskania, pri konštantnej hĺbke zvaru. Vyššia rýchlosť zvárania sa priaznivo javí aj z ekonomického hľadiska, kedy v praxi vieme zaručiť vysokú produktivitu pri stálej kvalite prietavkových zvarových spojov. Experimenty ukázali aj ďalšie prednosti tejto technológie. Presnosť a opakovateľnosť nastavenia na zvarový spoj je vzhľadom na hrúbku stojiny zaručená fokusovaným elektrónovým lúčom, čo nie je možné dosiahnuť pri konvenčných technológiách zvárania.

4 Záver

Na vybranej hliníkovej zliatine AW6005A hrúbky 2 mm boli vyhotovené zvarové spoje laserovým zváraním s využitím technológie BL. Dôležitým parametrom pri technológii BL je vyšší zvárací výkon, vďaka ktorému ma táto technológia väčší preukázateľný vplyv na formovanie zvarového kovu. Taktiež rozdelením energie určitým pomerom do prstenca pravdepodobne stabilizovalo keyhole do takej miery, že zvarový kov neobsahoval väčšie množstvo defektov. Ideálne rozdelenie energie sa líšilo v závislosti od skúmaných parametrov. Pre parametre: vz = 233,33 mm/s, P = 5000 W vyšla najlepšie vzorka s pomerom BL 40:60. Jedinou nevýhodu je menší rozstrek jej koreňovej vrstvy. Pre parametre: vz = 83,33 mm/s, P = 2500 W najlepšia vzorka bola s pomerom BL 60:40. Nevýhodou tejto vzorky bol taktiež menší rozstrek koreňovej vrstvy a menšia prítomnosť pórov. Pre parametre: vz = 38,33 mm/s, P = 1500 W to bola vzorka s pomerom BL 80:20. Defektov v tejto vzorke bolo pozorovaných viac ako pri predošlých vzorkách a preto bola výsledná kvalita zvaru považovaná za najnižšiu.

Z výsledkov experimentálnych skúšok elektrónovolúčového zvárania vykonaných na vybraných zliatinách hliníka, určených na odlievanie a tvárnenie, môžeme konštatovať, že boli dosiahnuté stanovené cieľové parametre. Pri zváraní zliatin na tvárnenie (AlZn4,5Mg1) bolo overené, že vyhotovenie kvalitného zvarového spoja s požadovanými vlastnosťami je možné dosiahnuť pri použití malých zváracích rýchlostí. Menšími zváracími rýchlosťami dokážeme upraviť teplotný režim zvárania tak, aby sme potlačili náchylnosť na horúce praskanie zvarového kovu. V prípade tlakovo liatych zliatin hliníka typu AlSi10Mg(Fe) sa technológia elektrónovolúčového zvárania plne osvedčila. Overenou technológiou možno zvariť tieto materiály s vysokou kvalitou zvarového spoja bez necelistvostí, s minimálnou pórovitosťou a stanovenými mechanickými vlastnosťami pri dodržaní plynotesnosti spoja. Použitím vyšších rýchlostí zvárania sme zaistili kvalitu spoja bez rizika horúceho praskania, pri konštantnej hĺbke zvaru. Vyššia rýchlosť zvárania sa priaznivo javí aj z ekonomického hľadiska, kedy v praxi vieme zaručiť vysokú produktivitu pri stálej kvalite prietavkových zvarových spojov. Experimenty ukázali aj ďalšie prednosti tejto technológie. Presnosť a opakovateľnosť nastavenia na zvarový spoj je vzhľadom na hrúbku stojiny zaručená fokusovaným elektrónovým lúčom, čo nie je možné dosiahnuť pri konvenčných technológiách zvárania.

Poďakovanie:

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy číslo APVV-22-0353 a vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Rozvoj excelentných výskumných kapacít v oblasti aditívnych technológií pre Priemysel 21 storočia, kód ITMS: 313011BWN5, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“

LITERATÚRA

[1] G. Mathers, The welding of aluminium and its alloys, Cambridge: Woodhead Publishing, 2002, p. 236.

[2] H. Ivan, Zváranie a zvariteľnosť materiálov, Bratislava: Citadella, 2009, p. 490.

[3] J. Wagner a kol., „Influence of dynamic beam shaping on the geometry of the keyhole during laser beam welding,“ *Procedia CIRP 111,* pp. 448-452, September 2022.

[4] E. Punzel, F. Hugger, T. Dinkelbach a A. Bürger, „Influence of power distribution on weld seam quality and geometry in laser beam welding of aluminum alloys,“ *Procedia CIRP 94*, pp. 601-604, September 2020.

[5] TRUMPF, „High-performance solid-state laser,“ TRUMPF LASER TruDisk, [Online]. Available: https://www.apricon.fi/en/product/trudisk/.

[6] ALUMERO, „EN AW-6005A,“ Júl 2020. [Online]. Available: https://www.alumerogroup.eu/fileadmin/user_upload/downloads/folder/technologien/ALUMERO_Legierungen_EN-AW-6005A_EN.pdf.

[7] S. Jabar, A. Barenji, P. Franciosa, H. Kotadia a D. Ceglarek, „Effects of the adjustable ring-mode laser on intermetallic formation and mechanical properties of steel to aluminium laser welded lap joints,“ *Materials & Design 227,* 18 Február 2023.

[8] C. Hagenlocher a S. M., „Modulation of the local grain structure in laser beam welds to inhibit the propagation of centerline hot cracks,“ *Procedia CIRP 74,* pp. 434-437, 2018.

[9.] Schultz H.: Electron beam welding, Cambridge, Abington-publishing, ISBN 3 87155 111 2, 1994

[10.] AWS C7 Committee on High Energy Beam Welding and Cutting: Recommended Practices for Electron Beam Welding, 4th Edition, American Welding Society, 2013


WE ARE
WELDING

EWM + ESAB — Tvoří se budoucnost

- Oznámení a důvody spojení
- Společné cíle: inovace, globální podpora
- Přínosy pro zákazníky
- EWM jako prémiová značka v rámci ESAB



• Přelomový krok: spojení dvou silných partnerů s vizí inovace a udržitelnosti.
• Vize: stát se lídrem v obloukovém svařování a digitalizaci výroby.
• Citace: „Toto partnerství není jen uznáním toho, čeho jsme dosáhli – je to krok do budoucnosti.“ – EWM
• Strategie: společné hodnoty, globální síť a nové trhy.


WE ARE
WELDING
Inovace a ekonomika ve svařování
Inovace a ekonomika nejsou cíl,
ale nikdy nekončící cesta

Trendy a kontext

- Globální trendy:
  - digitalizace
  - automatizace
  - zelená transformace

- Ekonomické tlaky:
  - pracovní síla
  - energie
  - materiály

• Všude slyšíme stejnou větu „Nemáme svářeče, nemáme kapacity, nemáme čas.
• Není to problém jedné firmy, jenoho oboru, ale realita celého průmyslu
• Na jedné straně stojí obrovský tlak na efektivitu a export.Na druhé straně chybí lidé, kteří by tu práci zvládli.
• Proto se automatizace stává ne otázkou „jestli“ , ale „ kdy“.



Inovace ve svařování

- Od klasických zdrojů
  k digitálním invertorům





Inovace ve svařování

- Moderní řízení oblouku



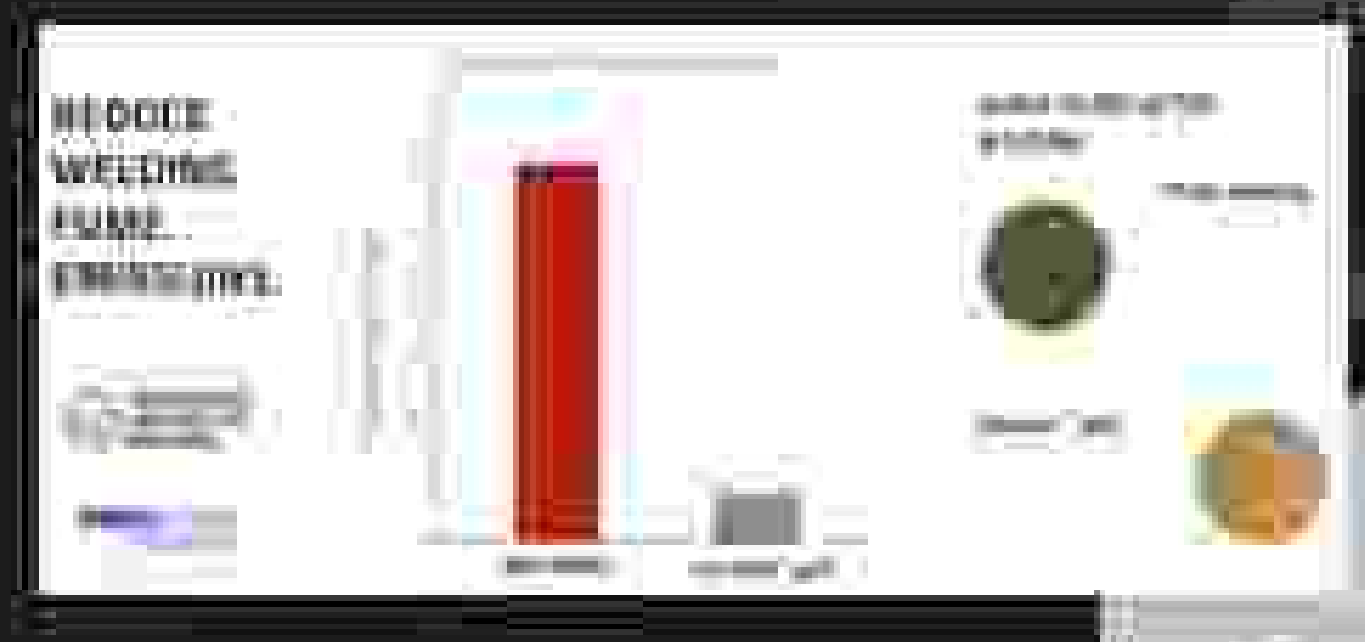
Inovace ve svařování

- Monitoring, Industry 4.0



Inovace ve svařování

- Ekologie a bezpečnost práce





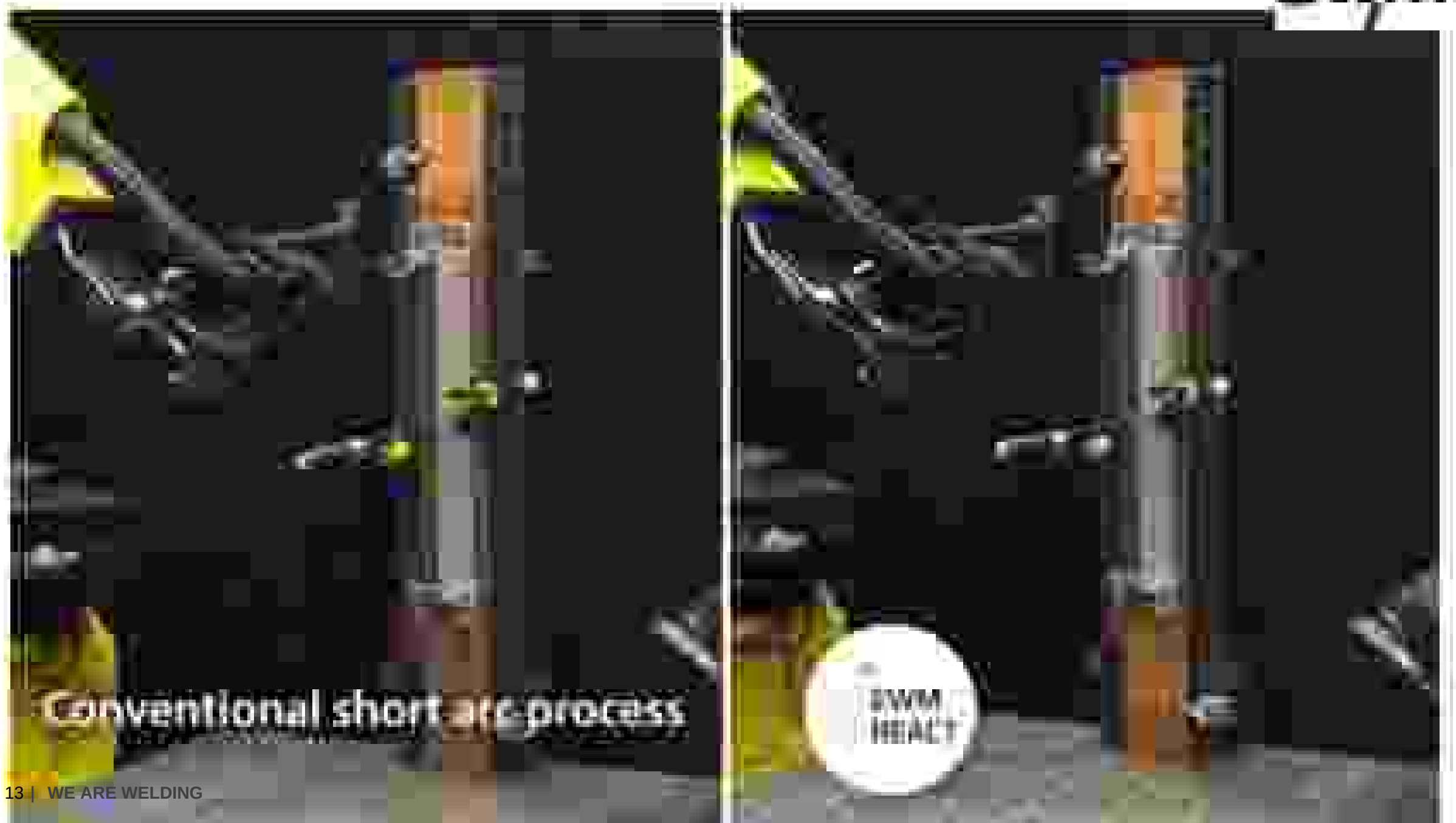
Inovace ve svařování

- Automatizace a robotizace

- Automatizace a robotizace
  - s kolaborativním robotem
  - rychlá návratnost



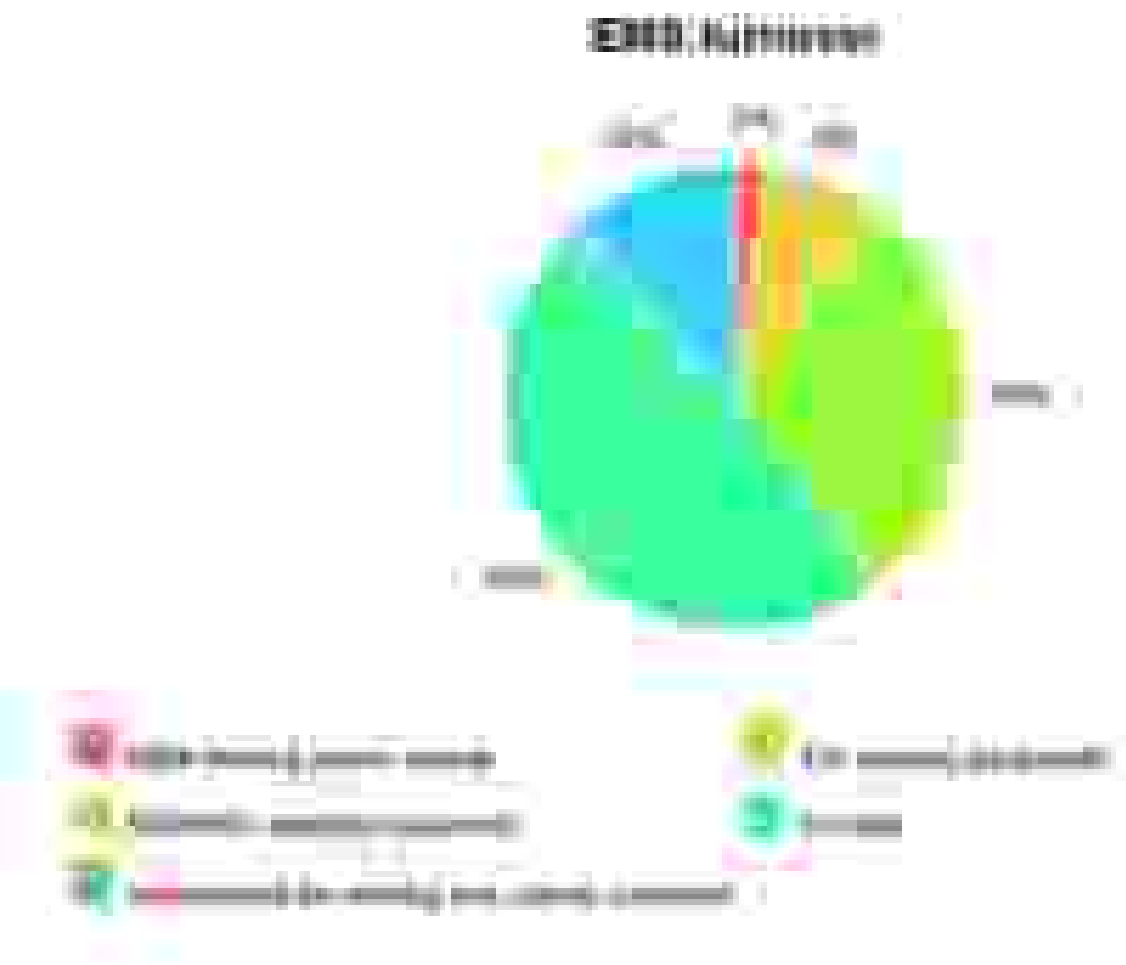



Conventional short arc process
ewm
HIGH IMPACT

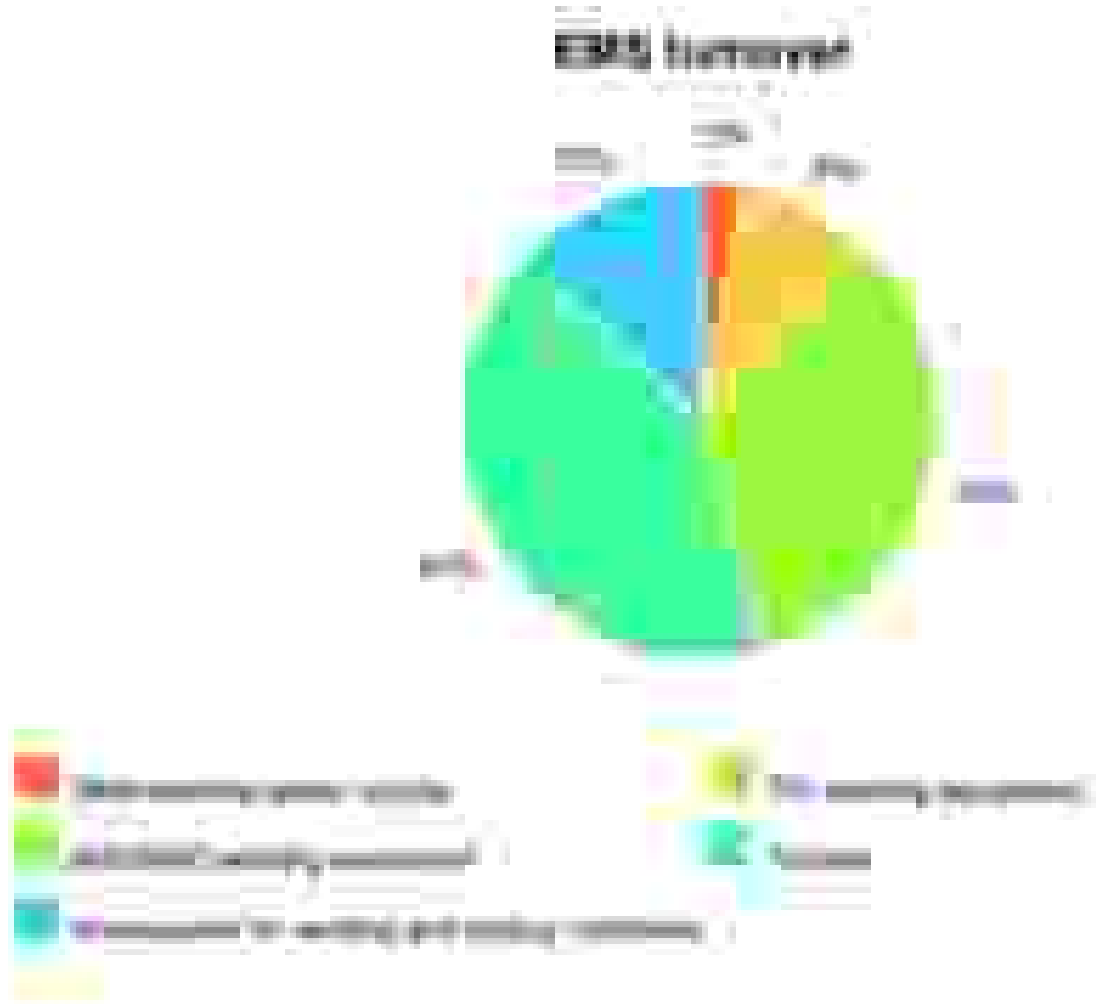

EWM
REACT

Rozložení trhu svařovacích zdrojů

Český trh

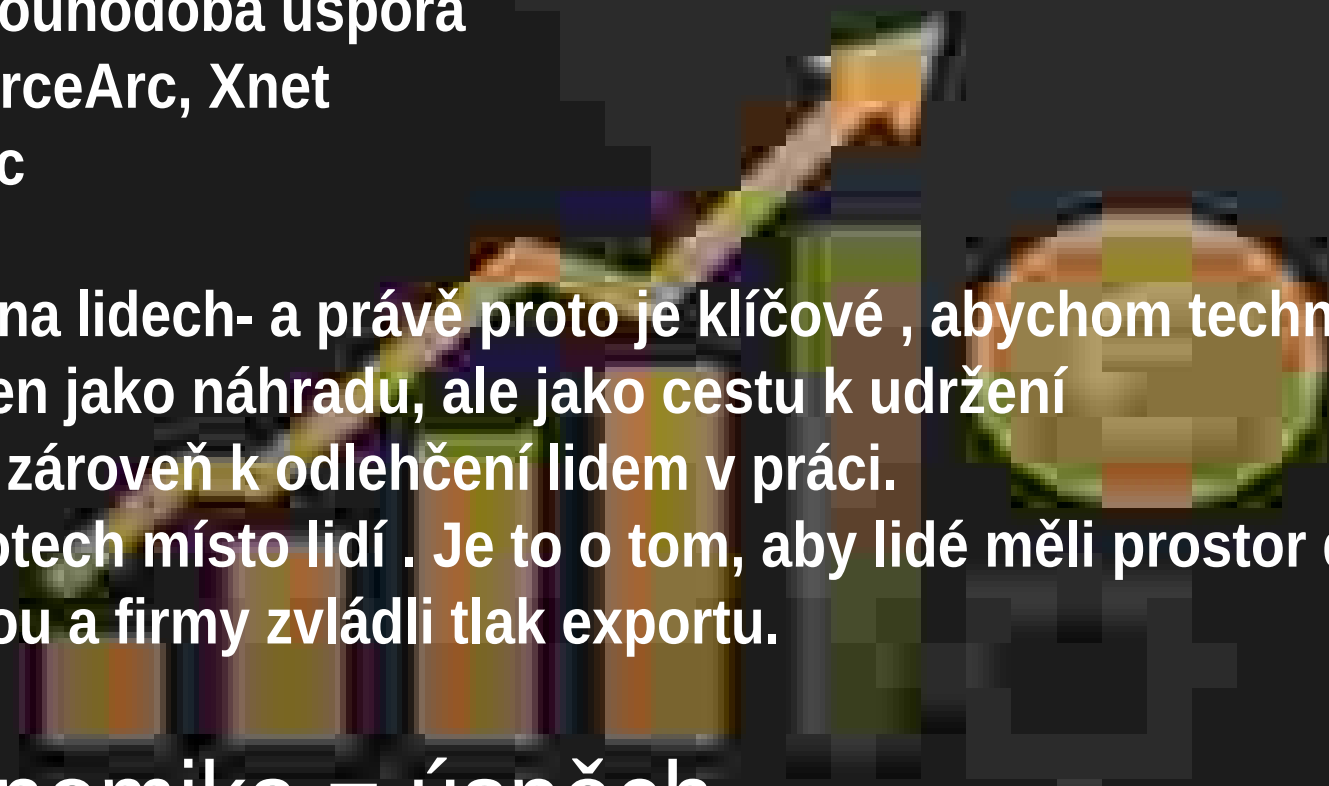


Slovenský trh



Ekonomika ve svařování

- TCO – Total Cost of Ownership- celkové náklady
- Skryté náklady: poruchy, odstávky, kvalita svaru
- Investice do inovací = dlouhodobá úspora
- Příklady: EWM React, forceArc, Xnet
- ROI – návratnost investic



- Průmysl skutečně stojí na lidech- a právě proto je klíčové , abychom technologie a automatizaci nevnímali jen jako náhradu, ale jako cestu k udržení konkurenceschopnosti a zároveň k odlehčení lidem v práci.
- Průmysl 4.0 není o robotech místo lidí . Je to o tom, aby lidé měli prostor dělat práci s vyšší přidanou hodnotou a firmy zvládli tlak exportu.

- Inovace + ekonomika = úspěch

WE ARE
WELDING

Auftragschweissen/Cladding/navařování MIG/MAG

Prodejní a poradenské centrum, Tyršova 2106,
25601 Benešov u Prahy
Pavel Humlach

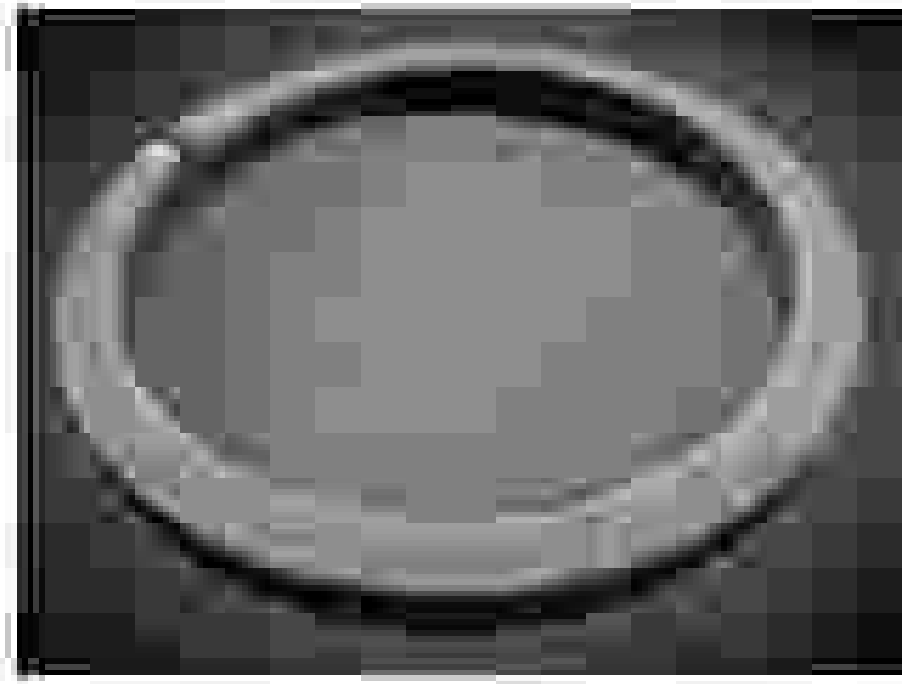
Metody pro navařování

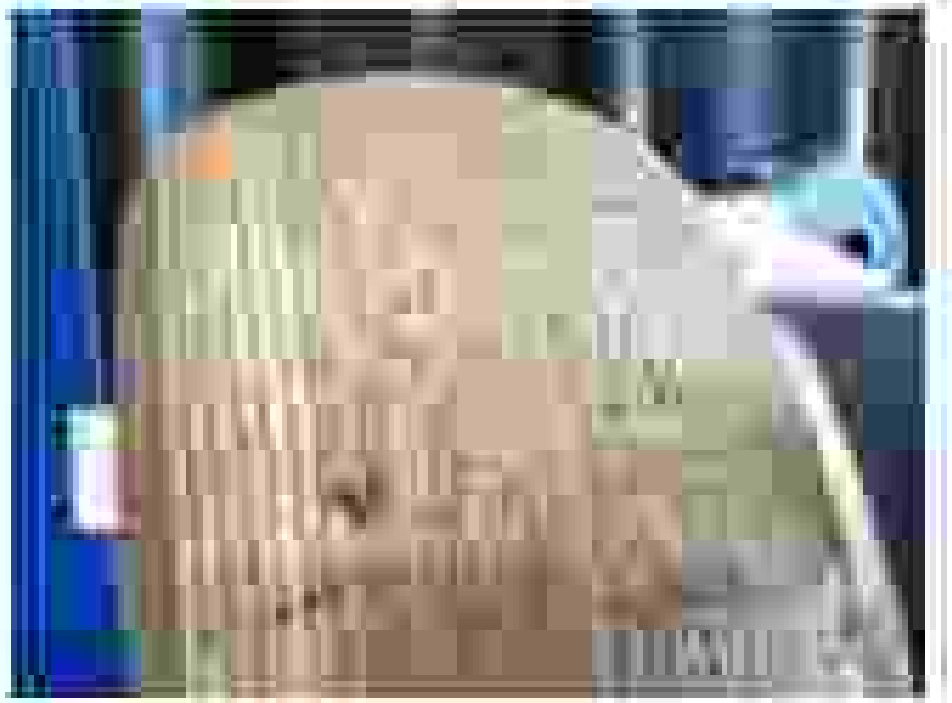
Metody navařování jsou principiálně shodné s technologiemi svařování.
Cílem je roztavit a uložit přídavný materiál jako návar na podklad – substrát.

Běžně používané metody navařování jsou

- plamen
- elektrický oblouk
  - obalená elektroda
  - MIG/MAG
  - pod tavidlem drátovou nebo páskovou elektrodou
  - plazma
- laser
- hybridní – za použití laseru a obloukového svařování MIG/MAG

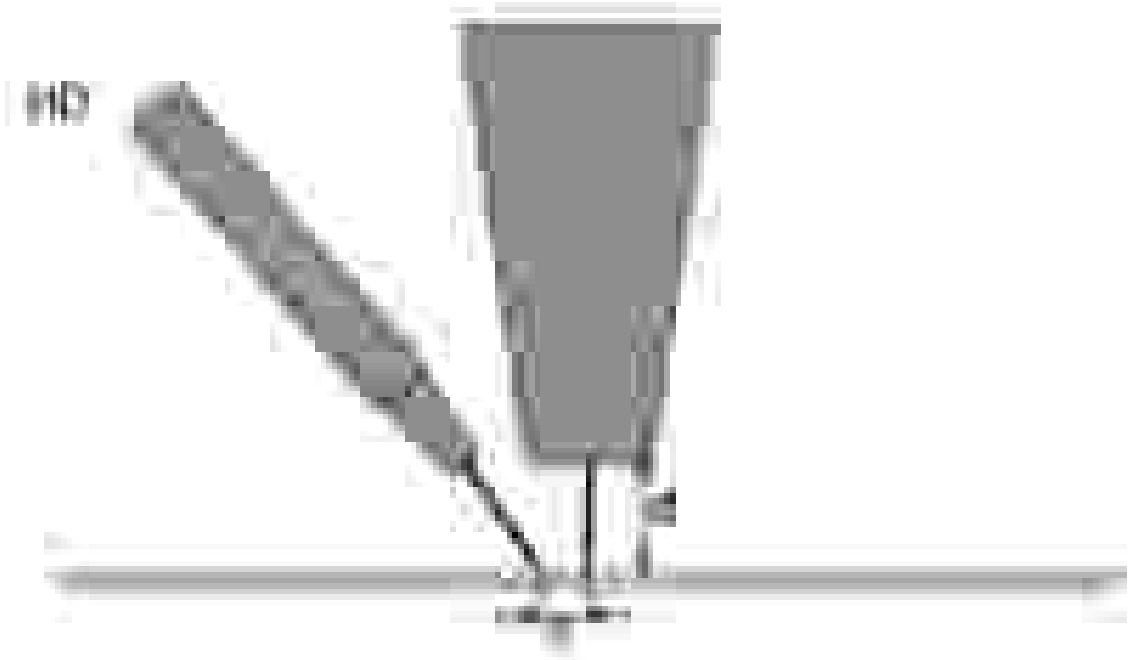






MAG navařování + horký drát

MAG-hořák



- Zvýšení odtavného výkonu
- Snížení promíšení
- Menší ztráta legovacích přísad

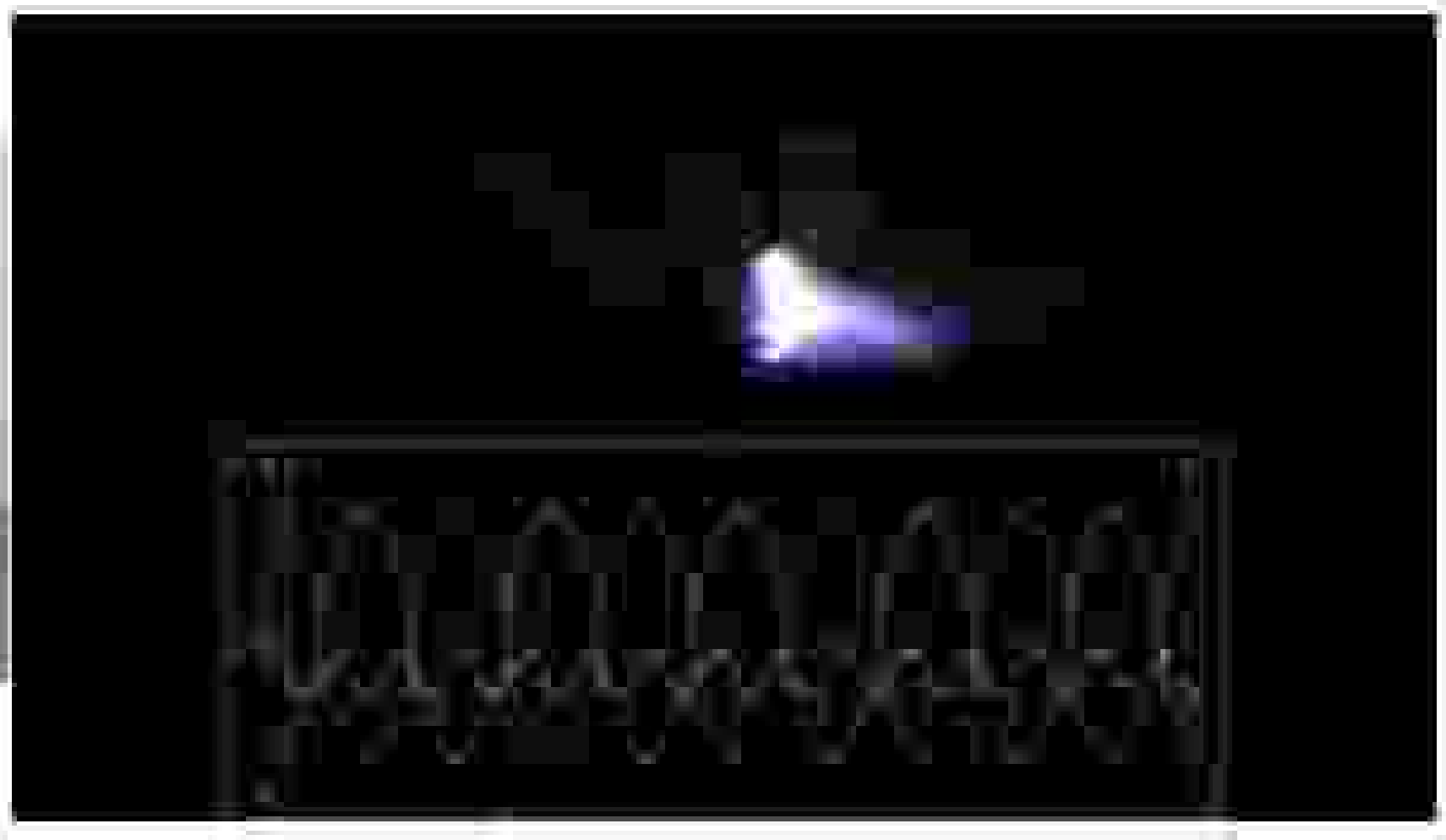
/ DC-horký drát

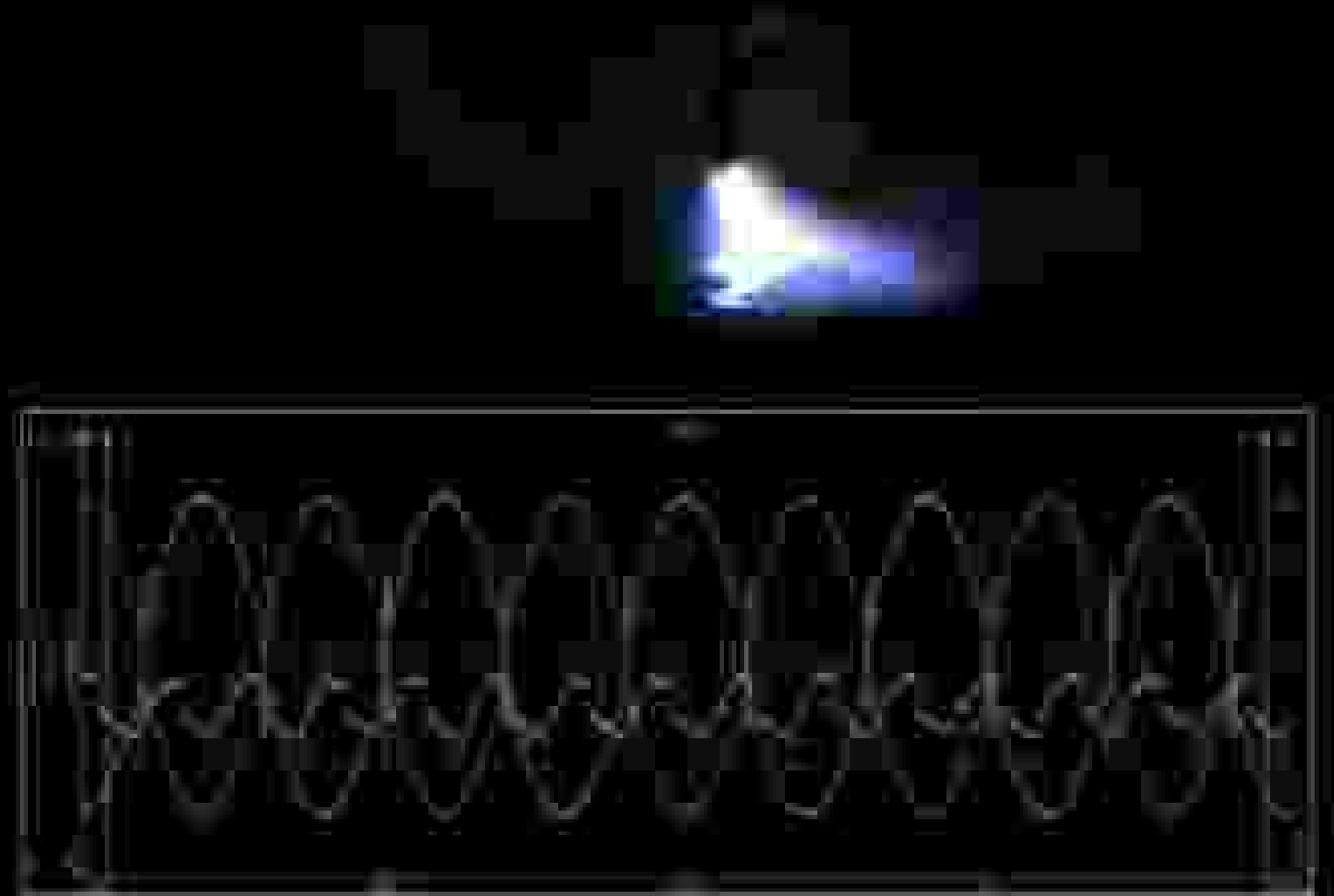
/ MAG Impuls



MAG navařování + dva horké dráty

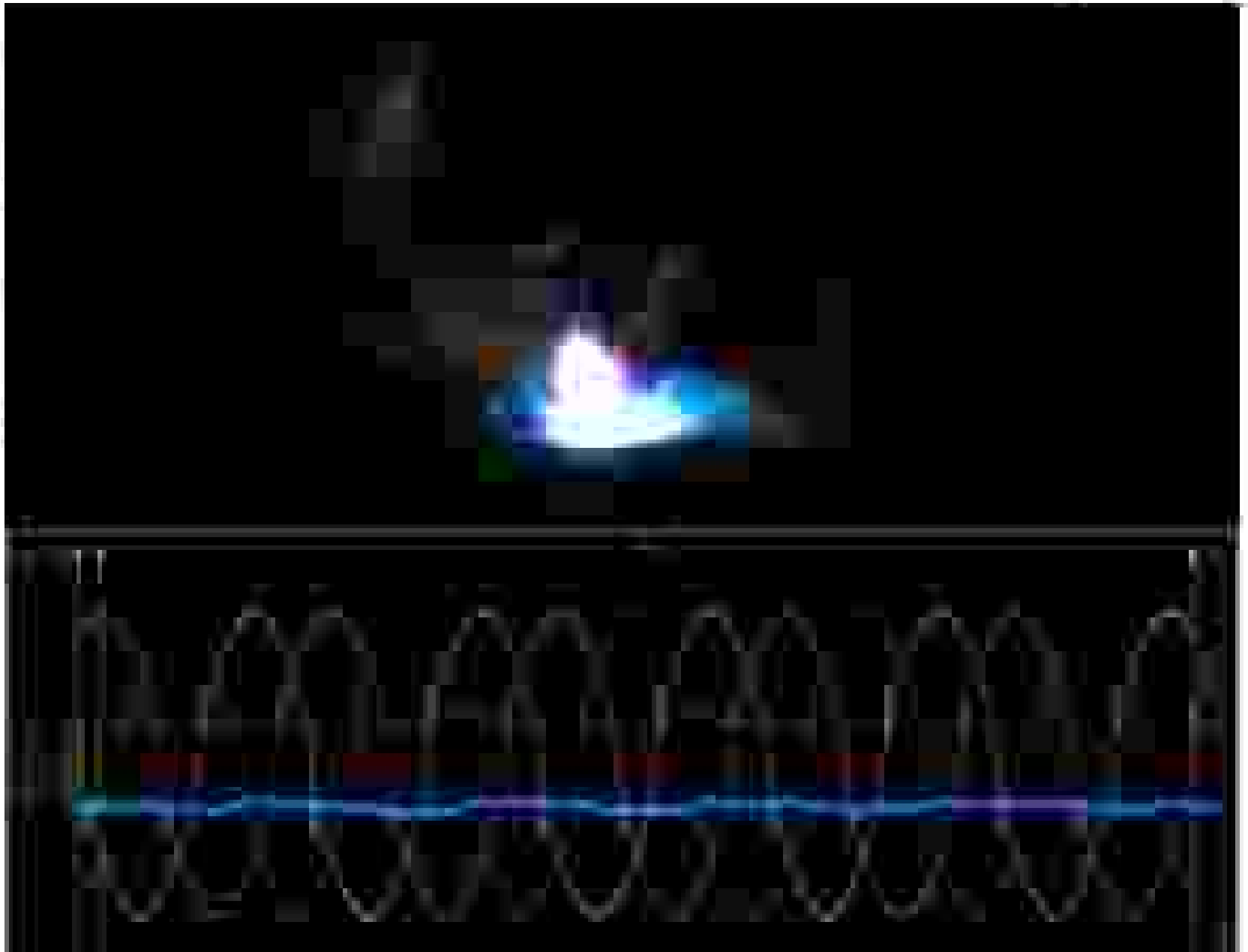


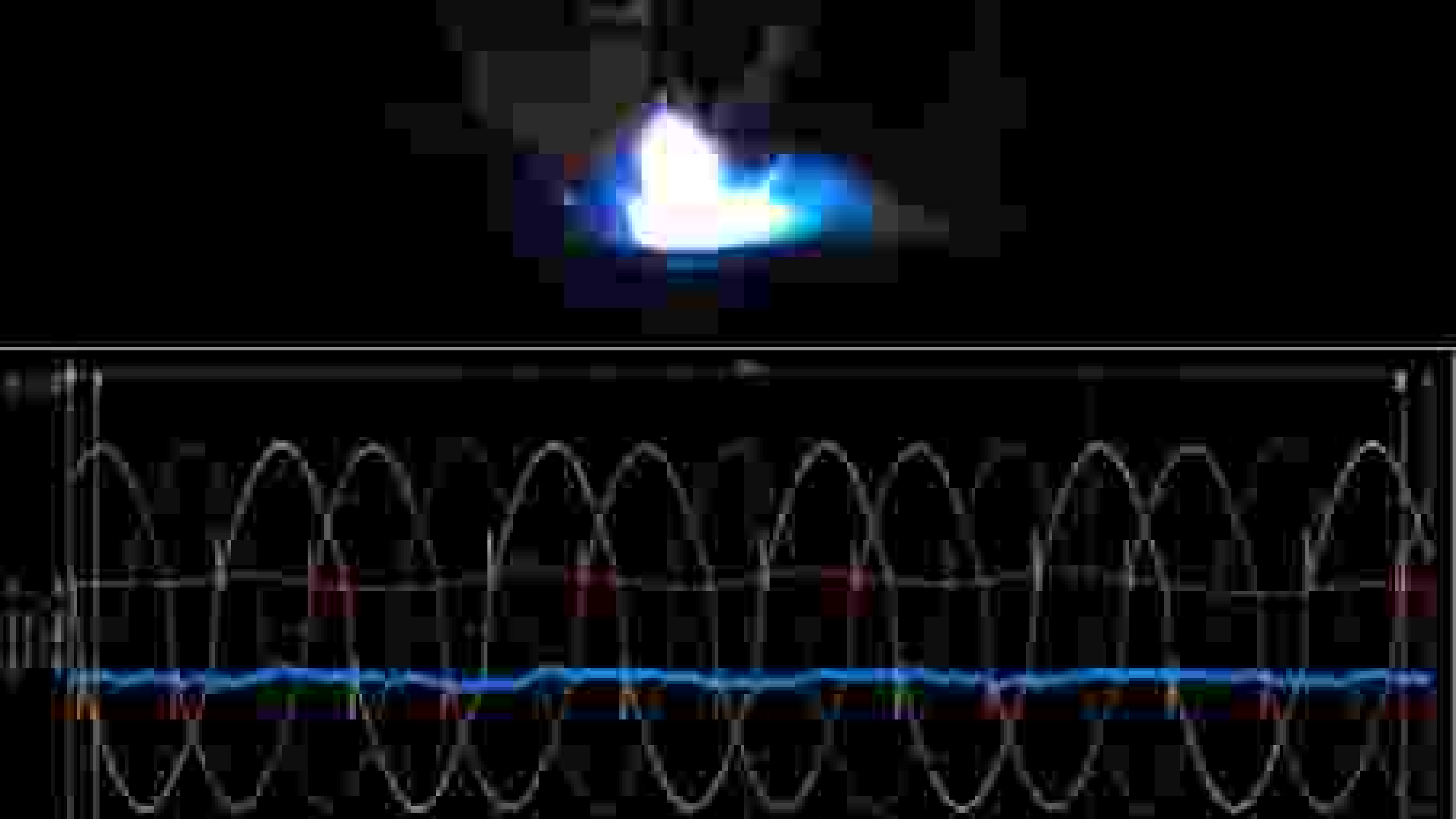




MAG navařování + tři horké dráty





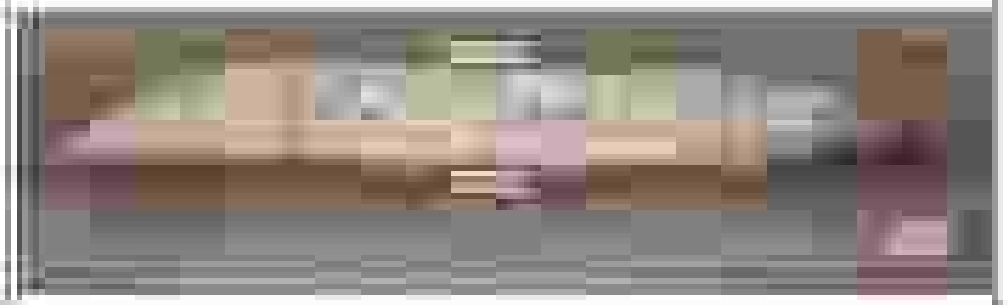


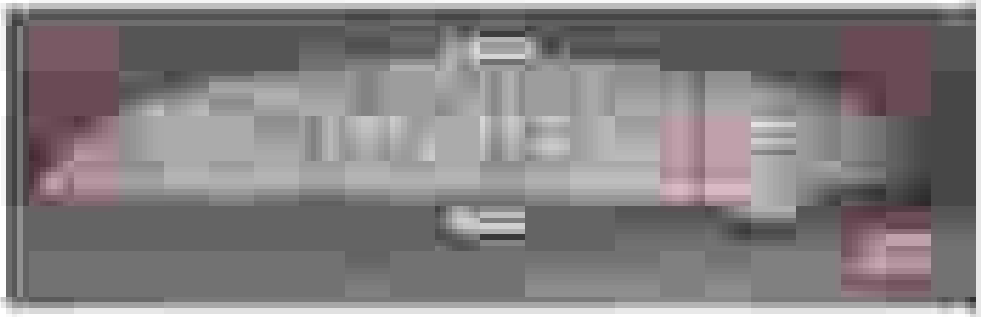
MAG navařování

	Odtavný výkon	Promíchání	Řez svaru
Impulzní oblouk	5,6kg/h	31%	

	Odtavný výkon	Promíchání	Řez svaru
Impulzní oblouk + horký drát	10,3 kg/h	7,9%	

MAG navařování

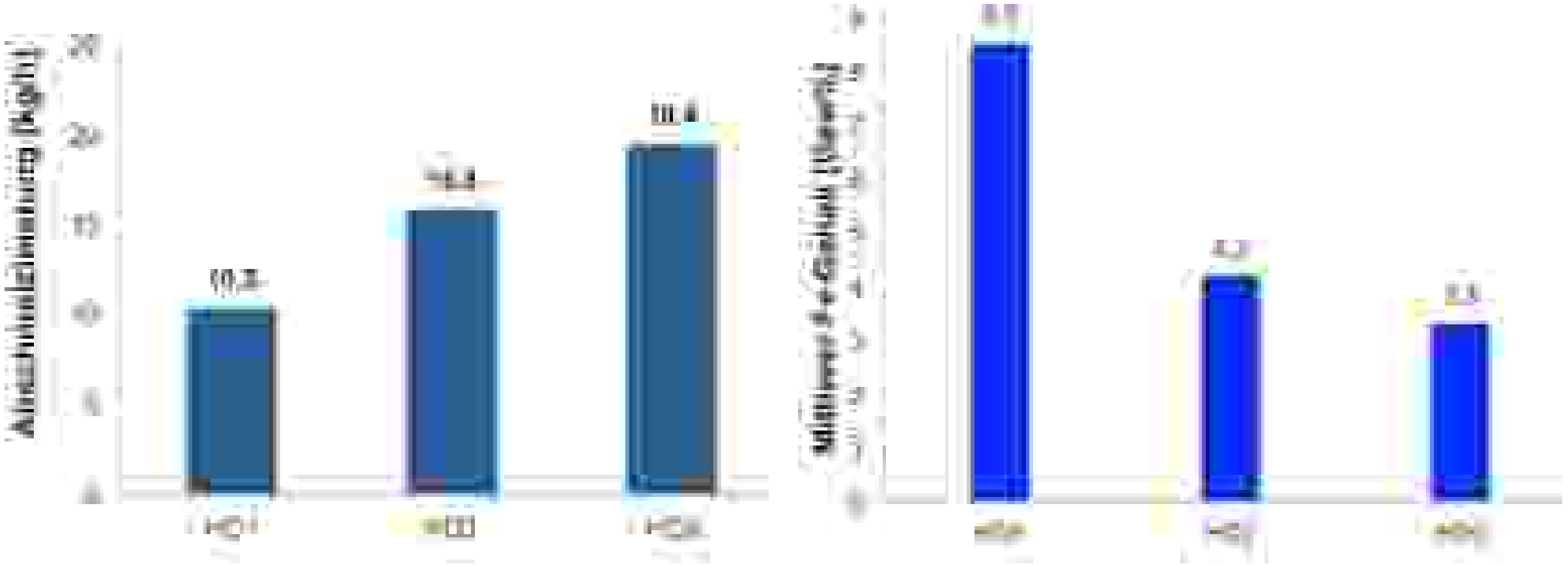
	Odtavný výkon	Promíchání	Řez svaru
Impulzní oblouk +dva horké dráty střední síla návaru 3mm	15,4 kg/h	6,5%	

	Odtavný výkon	promíchání	Řez svaru
Impulzní oblouk + tři horké dráty střední síla návaru 4mm	19,4 kg/h	6,6%	

MAG navařování

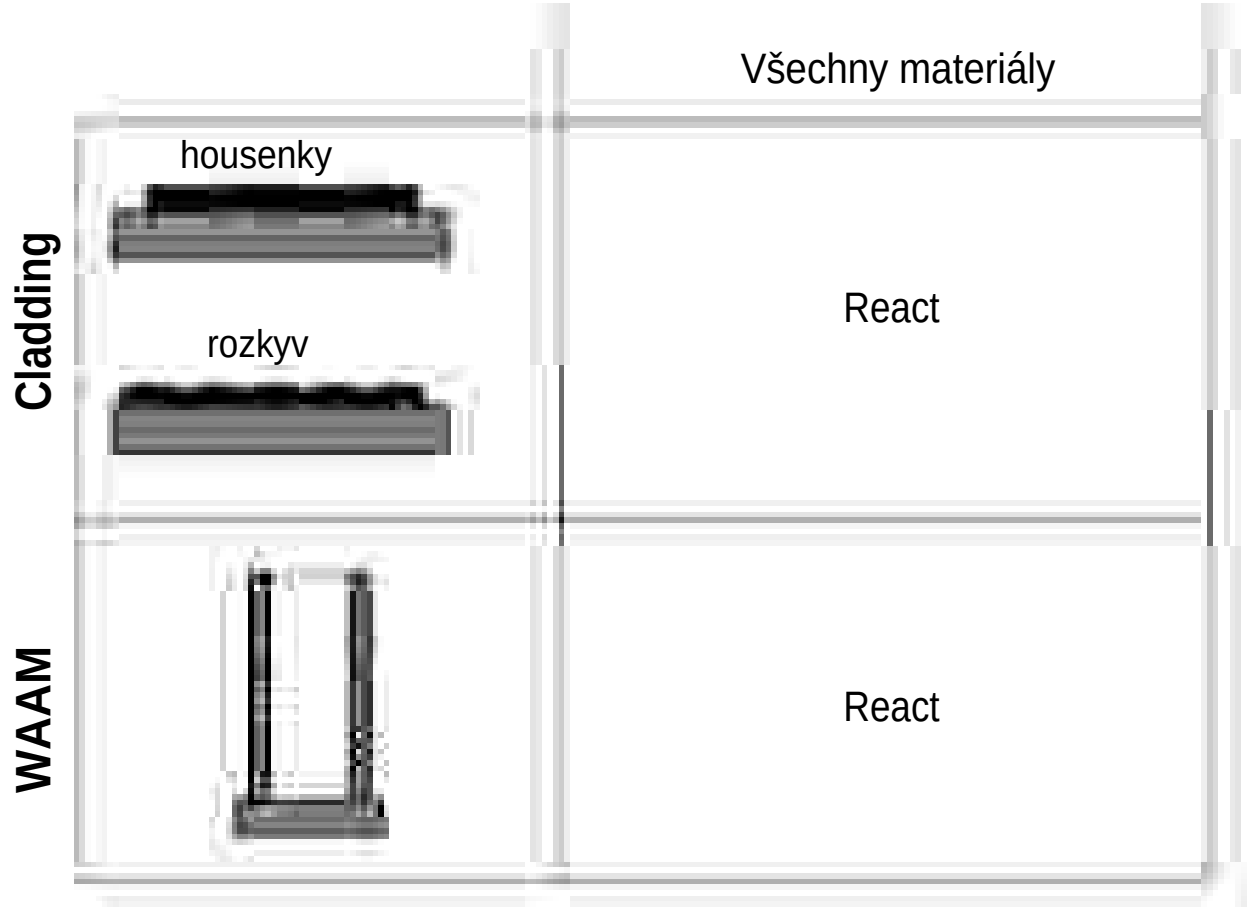
Odtavný výkon

Obsah železa



Počet horkých drátů

OBLASTI POUŽITÍ VARIANTY REACTU - PŘÍKLADY





+ EWM REACT

PŘÍKLADY POUŽITÍ NAVAŘOVÁNÍ - NI 625






EWM
REACT

NAVAŘOVÁNÍ - NI 6



ANWENDUNGSBEISPIELE AUFTRAGSSCHWEISSEN - NI 625

Nízké vnesené teplo, proto

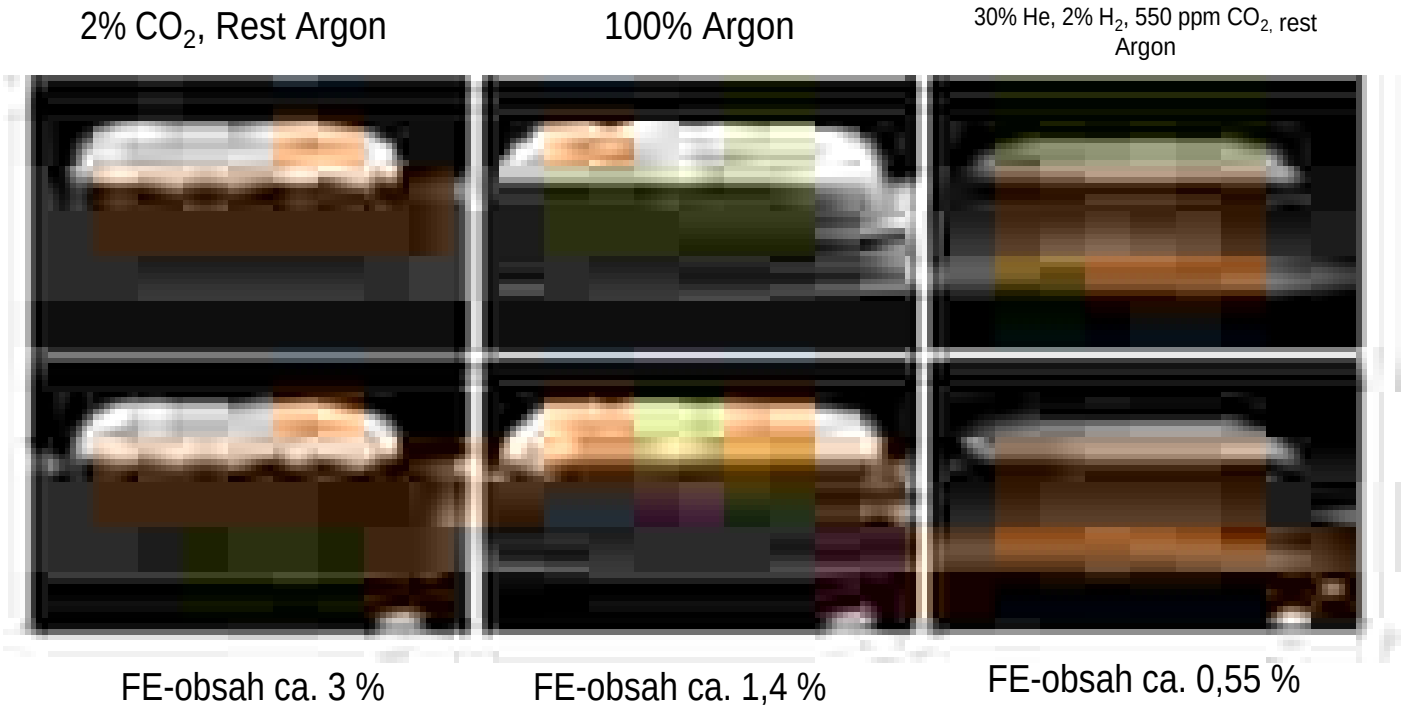
→ minimální průvar

→ minimální promíchání

→ nízký Fe-obsah

→ vysoký odtavný výkon a proto vysoká produktivita

Navařování slitinou na bázi niklu (Fe-Obsah SZW - 0,36%)



HF SLOVAKIA – EWM cooperation

Welding Cobot



Cobot multimanning system - hardcoating

- We made improvement with new investment cobot for hardcoating
- In first phase we reached in average around 30% savings due cobot implementation
- In other phase we implemented also multimanning system
- We reached total in average more that 50% savings in hardcoating times

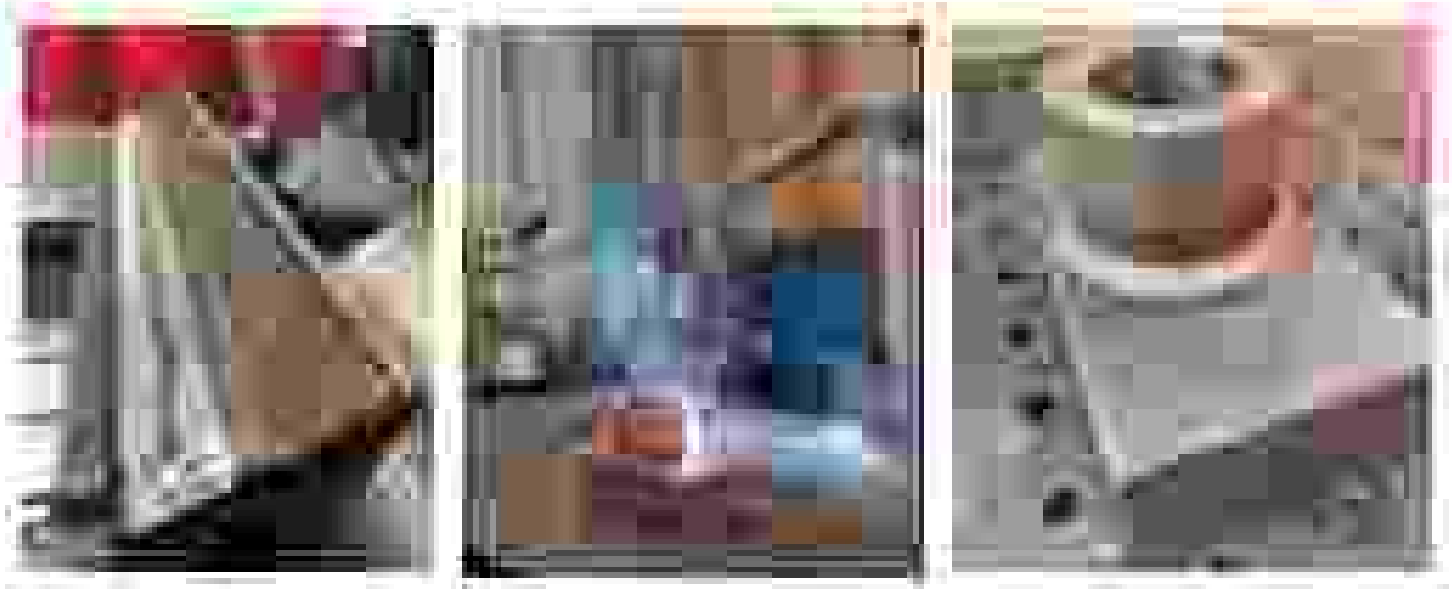
Product	Wire [kg]	Manual time [min]	Cobot time [min]	Multimanning [min]	Total saving [Wh]	Total saving [%]
1	70	2053	1700	1190	14,4	42,03
2	46	1903	1150	805	18,3	57,69
3	45	1800	1080	756	17,4	58,00
4	58	1760	1380	966	13,23	45,11
5	46	1650	1200	840	13,5	49,09
6	47	1650	1200	840	13,5	49,09
7	40	1650	975	682,5	16,125	58,63
8	39	1350	1000	700	10,83	48,15
9	25	1053	630	441	10,2	58,12
10	19	900	500	350	9,17	61,11

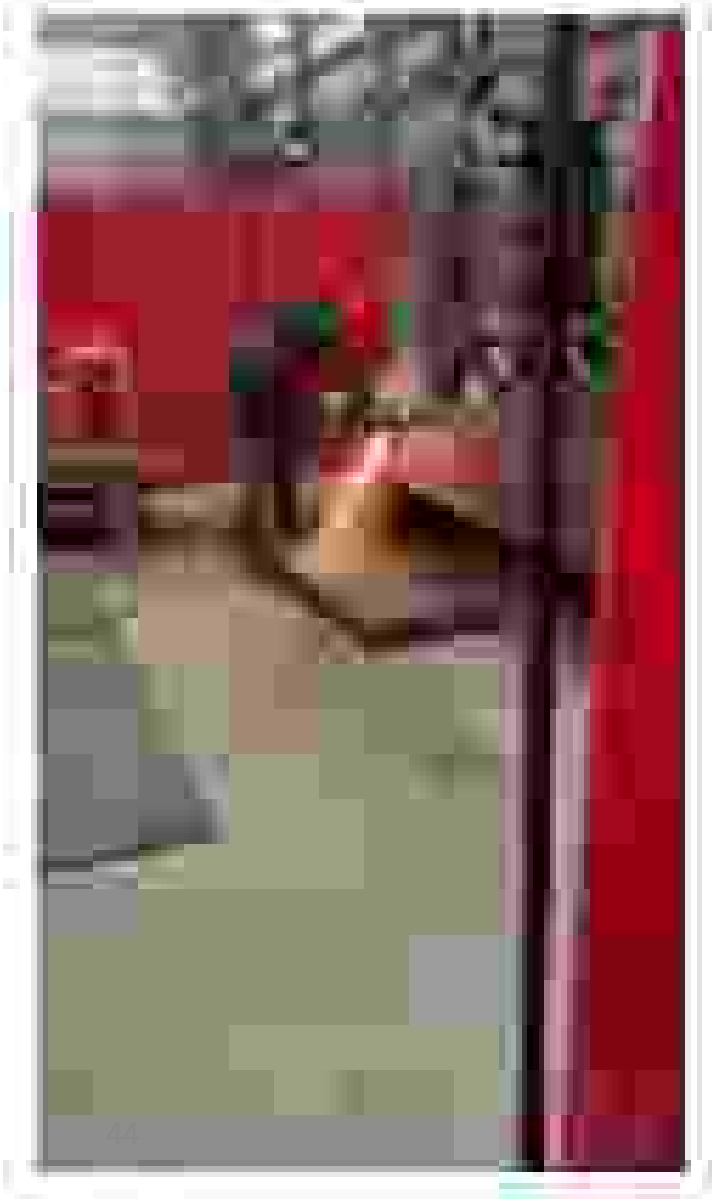


Cobot welding

- We also implemented cobot for welding and hardcoating other simple parts with circle or straight welds
- Other parts are under testing actually

Product	Manual time [min]	Cobot time [min]	Saving [%]
1	353	250	29
2	118	65	45





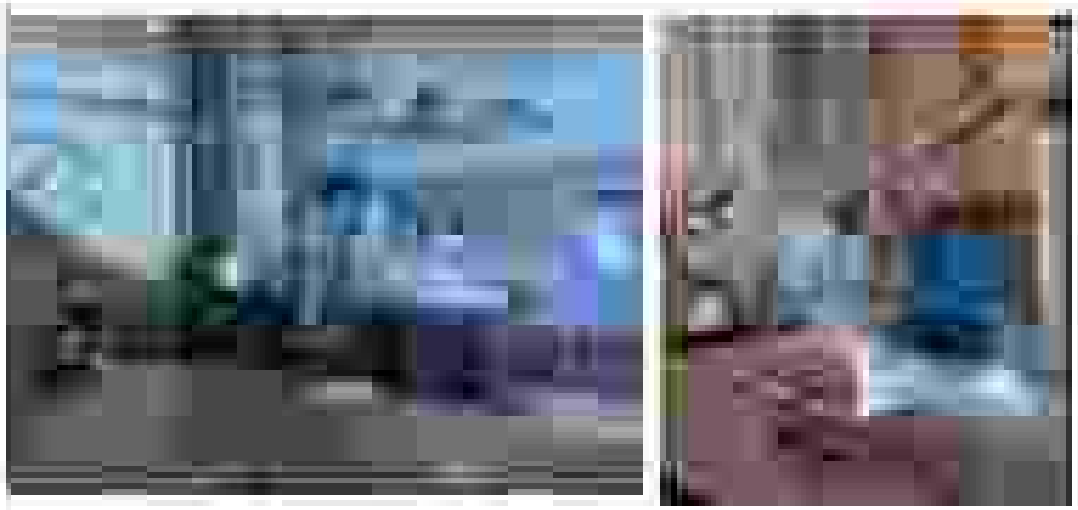
Sumár ušetrenie

Product (type 1)	Pieces yearly	Total saving [Wh]	Total saving [%]	Yearly saving total [€]
1	15	14,4	42,03	7 944,5
2	?	18,3	57,69	-
3	10	17,4	58,00	6 399,7
4	10	13,23	45,11	4 865,9
5	2	13,5	49,09	993,1
6	3	13,5	49,09	1489,6
7	5	16,125	58,63	2965,4
8	5	10,83	48,15	1991,6
9	2	10,2	58,12	750,3
10	2	9,17	61,11	674,5
		TOTAL SAVINGS		28074,6

Product	Pieces yearly	Total saving [Wh]	Total Saving [%]	Yearly saving [€]
Type 2	100	1	50	3678,0
Type 3	20	1,5	25	1103,4
		TOTAL SAVINGS		4781,4

COBOT ROI simulation

Investment	90 990 €
Total yearly savings	32 856 €
Payback period	2,77 years
+ other possibilities....	






Děkuji Vám za Vaši pozornost
WE ARE
WELDING

Orbitálne zváranie vo vákuových systémoch

Martin Boďa, Trnava, RTC Engineering, martin.boda@rtc-engineering.com

Úvod

Článok pojednáva o elektrických a neelektrických parametroch orbitálneho zvárania nehrdzavejúcich ocelí metódou 142 a ich vplyve na niektoré chyby a geometrické charakteristiky zvarových spojov definovaných v norme STN EN ISO 5817.

Vákuové systémy

Využívajú sa v priemysle, kde sú potrebné veľmi nízke tlaky, najmä pri výrobe polovodičov, povrchových analýzach, elektrónovej mikroskopii, časticových urýchľovačov, kryogénnych systémov... Vákuové systémy sa delia podľa tlakov, ktoré sa v nich dokážu dosiahnuť:

Hrubé vákuum (Low vacuum) – tlak: 10^5 – 10^3 Pa. Bežne sa vyskytuje v priemyselných aplikáciách, napríklad pri manipulácii s materiálmi.

Stredné vákuum (Medium vacuum) – tlak: 10^3 – 10^{-1} Pa. Používa sa napríklad v niektorých laboratórnych procesoch.

Vysoké vákuum (High vacuum) – tlak: 10^{-1} – 10^{-7} Pa. Typické pre elektrónovú mikroskopiu, polovodičovú výrobu alebo spracovanie materiálov.

Ultravysoké vákuum (Ultra-high vacuum, UHV) – tlak: 10^{-7} – 10^{-12} Pa. Nutné v špeciálnych aplikáciách, ako sú urýchľovače častíc alebo vesmírne simulácie, taktiež polovodičová výroba.

Extrémne vysoké vákuum (Extreme high vacuum, XHV) – tlak: < 10^{-12} Pa. Používa sa v špičkových fyzikálnych experimentoch, napríklad v kvantovej fyzike.

Orbitálne zváranie

Automatizovaný spôsob zvárania potrubí a potrubných komponentov, pri ktorom sa zvárací horák v otvorenej hlave alebo elektróda v uzavretej hlave otáča okolo osi potrubia. Patrí medzi vysoko kvalitné metódy spájania materiálov s vysokou opakovateľnosťou.

Základné parametre orbitálneho zvárania využívané vo zváraní potrubí pre vákuové systémy

- horný prúd I_H[A]
- čas horenia horného prúdu t_H (horný pulz) [s]
- spodný prúd I_s[A]
- čas horenia spodného prúdu t_s (spodný pulz) [s]
- napätie U[V]
- vzdialenosť elektródy od povrchu materiálu L [mm]
- rýchlosť otáčania v [$mm.min^{-1}$]
- uhol brúsenia elektródy α [°]
- priemer elektródy Ø [mm]

- prietok plynu v uzavretej zváracej hlave Q_1 [$l.min^{-1}$]
- prietok ochranného plynu vo vnútri potrubia Q_2 [$l.min^{-1}$]
- uhol medzi elektródou a zvarencom β [°]

Metodika

Na zvarových spojoch technologických rozvodov zariadenia na výrobu polovodičov vyhotovených medzi nakupovanými redukciami a kolenami s hrúbkou steny 2 mm a vonkajším priemerom 44,5 mm *obrázok 1* boli pri vizuálnej kontrole podľa normy STN EN ISO 5817 (norma pre hodnotenie kvality zvárania a defektov) indikované chyby 5011 a 5012. Tie sú definované ako neprerušované a prerušované zápaly. V zákazníkom požadovanej triede hodnotenia B sú pre danú hrúbku steny tieto chyby nepovolené. Môžu iniciovať vznik trhlín v dôsledku koncentrácii napätí alebo zhoršiť únavovú životnosť.



Obrázok 1 zápal zvýraznený červenou farbou

Pre odstránenie týchto chýb boli navrhnuté nasledujúce opatrenia:

- kontrola materiálov – spektrometriou overené percentuálne zastúpenie chemických prvkov podľa materiálových atestov,
- efektívnejšie čistenie základných materiálov a zvarových plôch (ultrazvuk, priemyselná komorová práčka),
- úprava elektrických parametrov,
- úprava rýchlosti zvárania,
- zmena smeru zvárania,
- úprava prietokov ochranných plynov,
- zmena priemeru elektródy,
- zmena vrcholového uhla elektródy,
- zmena uhla medzi elektródou a zvarencom.

Výsledky

Kontrola vstupných materiálov, zmeny a úpravy parametrov sa vykonávali nie naraz, ale postupne na sérii testovacích zvarencov, aby sa dalo zistiť, ktoré opatrenie má aký vplyv na výsledok.

Experimentálne testy ukázali, že z navrhovaných opatrení sa ako najefektívnejšie ukázala úprava tvaru elektródy, ktorá umožnila optimálne nastavenie uhla medzi elektródou a zvarencom. Bol aplikovaný uhol približne 55° za pomoci vychyľovacích držiakov elektród. Tie však nebolo možné vzhľadom na použitie tvarových (kolenových) upínacích klieštín a vnútorné rozmery uzavretej zváracej hlavy otočiť a vychýliť tak, aby bol oblúk smerovaný kolmo voči pozdĺžnej línii zápalu. Preto boli navrhnuté a použité ohybné elektródy, ktoré požadované natočenie dovoľovali *obrázok 2*.



Obrázok 2 elektróda natočená pod uhlom 90° voči línii zápalu s odstránenými chybami zvaru

Diskusia

Pri experimentálnom ručnom zvarení problémového zvaru sa nevyskytli popísané chyby 5011 a 5012. Podľa vzoru ručného zvárania, kde použitím techniky „walking the cup“ zviera elektróda voči dotyčnici k povrchu zváraného potrubia uhol približne 30° až 60°, sa aplikáciou do orbitálneho zvárania zmenil štandardne používaný uhol 90° rovnej elektródy. Sériou experimentálnych zvarov a úspešným zavedením vo výrobnej sérii cca 500 zvarov sa overilo, že uhol medzi elektródou a zvarencom má zásadný vplyv na dosiahnutie požadovanej kvality zvaru. Je ním ovplyvnený tok tepla, tvar zvarovej húsenice a tiež presnosť, s akou je zvar vykonaný.

Záver

Uhol medzi elektródou a zvarencom je významne dôležitý parameter pre dosiahnutie kvalitného zvaru a efektívne odstránenie defektov, ako sú zápaly. Tento uhol je možné nastaviť pomocou rôznych metód, ako sú:

- vychyľovacie držiaky elektród,
- ohýbanie elektród pomocou nahriatia,
- použitie ohybných elektród.

Poďakovanie

Autor ďakuje všetkým spolupracovníkom a odborníkom, ktorí prispeli k riešeniu problému a vzniku tohto príspevku.

Zoznam použitej literatúry

STN EN ISO 5817:2023 Zváranie. Zvarové spoje ocelí, niklu, titánu a ich zliatin zhotovené tavným zváraním (okrem lúčového zvárania). Stupne kvality.

PZVAR MEETING 2025

Odborný program pre zváračské školy
a školiace strediská NDT

Táto sekcia sa zaoberá:

- zmenami týkajúcimi sa smerníc, tlačív a postupov,

- zmenami v prevádzkovaní Centrálnej databázy osôb (CDO) a ich vplyvom na elektronické konto zváračskej školy, resp. školiaceho strediska NDT,

ale ešte pred tým .....

Elektronické konto ZŠ/ŠS NDT

Základné údaje – názov subjektu a adresa

POZOR:

... k 1.9.2025 v niektorých ZŠ nastali zmeny týkajúce sa názvu subjektu (napr. spôsobené zlučovaním stredných škôl)

Ak ste tak už nespravili, je potrebné zaslať oficiálnu informáciu; následne obdržíte novú zmluvu o technickej spolupráci.

Elektronické konto ZŠ/ŠS NDT

Personálne obsadenie + platnosť kvalifikácie Povereného ZT a SO, platnosť kvalifikácie inštruktorov zvárania

Kontaktné údaje – telefón, email

Ak údaje nie sú v súlade so skutočnosťou, potom je potrebná aktualizácia

V časti „poznámka“ sú informácie o previerke školy

Elektronické konto ZŠ/ŠS NDT

- pWPS/pBPS/WPS
- zoznam osôb
- skúšky zváračov a spájkovačov,
- základné skúšky,
- zaškolenia pracovníkov,
- preskúšania z BU,
- NDT,
- končiace kvalifikácie.

.... záložky uvedené vyššie má ZŠ, resp. ŠS NDT podľa svojho platného rozsahu

Elektronické konto ZŠ

Osvedčenie spôsobilosti ZŠ platí do 31.01.2026

Poverenie ZT pôsobiaceho vo ZŠ a Poverenie SO platí taktiež do 31.01.2026

... nie je potrebné žiadať o predĺženie, aktívnym ZŠ budú doklady predĺžené automaticky

Elektronické konto ZŠ/ŠS NDT

Previerky zváračských škôl - smernica SPZ-SO-1/2019, kap. 5.3 Osvedčenia spôsobilosti zváračských škôl hovorí, že:

... Zváračská škola je povinná COPZ písomne ohlásiť všetky zmeny podmienok, za ktorých bolo vydané Osvedčenie spôsobilosti zváračskej školy.
ZŠ je povinná písomne požiadať o úpravu Registračného listu zváračskej školy (T211-COPZ). V prípade, že požadovaná zmena vyžaduje dodatočné posúdenie, je COPZ oprávnený vykonať mimoriadny audit.

Dohľad nad činnosťou ZŠ vykonáva COPZ každé 2 roky formou dohľadového auditu.

Elektronické konto ZŠ/ŠS NDT

... Osvedčenie spôsobilosti ŠS

... sledovať platnosť

... osvedčenie platí 3 roky, predĺženie na základe previerky

... podstatné zmeny hlásiť COPZ

... ak ide súčasne o ZŠ a ŠS NDT, potom je zriadené spoločné elektronické konto

Zmeny týkajúce sa smerníc, tlačív a postupov

- v elektronickom konte sú umiestnené vždy aktuálne dokumenty !

- umiestnenie podľa rozsahu oprávnenia s tým, že smernice Skúšobnej organizácie majú všetky ZŠ

- na zmenu upozorňujeme aj časti aktuality

Zmeny týkajúce sa smerníc, tlačív a postupov :

- CS-07-ZV/2019_v2_z3 (01.07.2025), došlo k úprave kap. 5.2 Skúšky (o. i. je podrobnejšie popísaný proces výkonu skúšky a povinnosti skúšajúceho)

- CS-09-ZV/2025_v3_z0 (01.07.2025), úprava z dôvodu revidovanej normy; k zmene bude odprezentovaný príspevok 03.10.2025

+ ZŠ obdržali Dodatok k zmluve (zmena od 01.08.2025), úprava poplatku za vydanie certifikátu spájkovača

Zmeny týkajúce sa smerníc, tlačív a postupov :

- SPZ-SO-3/2021, vydanie 4, zmena 3 (10/2025), k zmene bude odprezentovaný príspevok 03.10.2025

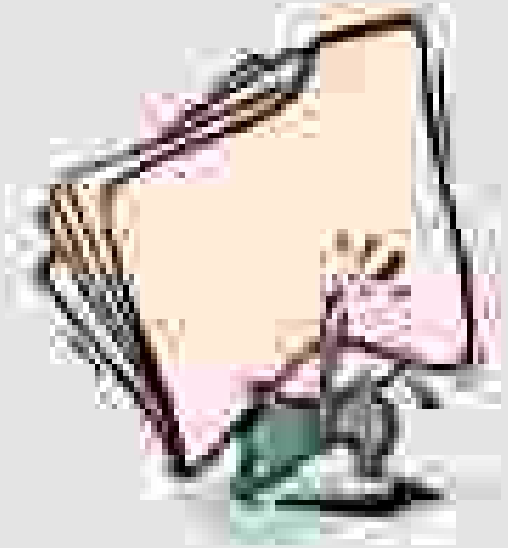
Zmena v prevádzkovaní Centrálnej databázy osôb (CDO) a jej vplyv na elektronické konto zváračskej školy, resp. školiaceho strediska NDT.

- časté výpadky a dlhé čakania ....,

- od leta Ing. Šimovič spolupracuje s ďalšími IT odborníkmi na zrýchlení a odstránení výpadkov,

- pravidelné drobné formálne úpravy CDO.

Priestor pre Vaše otázky ....



.... ďakujeme Vám za Vašu pozornosť

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
MATERIÁLOVOTECHNOLOGICKÁ FAKULTA V TRNAVE
Ústav výrobných technológií

Nedeštruktívne skúšanie spájkovaných spojov

Autor: Ing. Tomáš Meluš, PhD.

Vedecká konferencia: PZVAR MEETING 2025



Obsah

- Prečo NDT pri spájkovaných spojoch
- Metódy:

1) Vizuálna kontrola (VT),
2) Ultrazvuková kontrola (UT),
3) Rádiografická kontrola (RT),
4) Kapilárna kontrola (PT),
5) Skúšanie tesnosti (LT),
6) Overovacia skúška,
7) Termografia (IRT),

- Ako vybrať metódu
- Protokoly a kritériá prijatia (STN EN 12799)

Prečo NDT pri spájkovaní

- NDT má odhaliť vady, ktoré by mohli znížiť pevnosť, tesnosť či elektrické vlastnosti spoja.
- Chybu odhalíme bez poškodenia dielu/prototypu,
- Skorá detekcia = rýchla a lacná detekcia chýb,
- Najčastejšie ide o póry a pozdĺžne/priečne trhliny; ďalšie chyby môže vyvolať vnútorné napätie v spájke alebo v základnom materiáli, prípadne existovali už pred spájkovaním,
- Postupy a pojmy vychádzajú podľa STN EN 12799 a jej dodatku A1.

Vizuálna kontrola (VT)

- Pred vykonaním každej vizuálnej kontroly musí byť stanovené, ktoré spoje sú prístupné na kontrolu; navrhnuté podmienky s ohľadom na prístupnosť pre kontrolu, buď voľným okom, alebo pozorovaním pomocou zrkadla,
- Kontrolujeme spoj a priľahlý základný materiál voľným okom alebo s pomôckami,
- Hľadáme zvyšky taviva, nepretečenie, nerovnomernú húsenicu, prepadnutie či nadbytok spájky, eróziu a celkový tvar/spojitosť,

Kto môže kontrolovať

Pracovník, ktorý vykonáva vizuálnu kontrolu, musí:

a) byť oboznámený s použitým postupom spájkovania a možnými vadami;

b) mať zrak overený podľa normy: EN ISO 9712 (015004)

c) dostať pokyny k špecifickým požiadavkám podľa normy STN EN 12799;

d) dostať pokyny k základným používateľským normám.

Dohody pred kontrolou (špecifiká)

- Kedy sa bude kontrolovať: v ktorom výrobnom kroku a či aj počas výroby (medzi kontroly),
- Príprava povrchu: čo treba urobiť pred VT (čistenie, odstránenie zvyškov taviva, odmasťovanie),
- Minimálnu relevantnú veľkosť vady – od akého rozmeru sa vada hodnotí. (Odporúčanie: cca 0,5 mm, pokiaľ špecifikácia neurčí inak),
- Rozsah VT: ktoré miesta/spoje sa budú prezerať a v akom pomere (percento, všetky, náhodný výber).
- Kritériá prípustnosti: podľa čoho sa rozhodne: OK/NOK (odkazy na výkres/štandard).
- Potrebu písomného postupu (ak sa vyžaduje).
- Požiadavky na protokol (aké údaje bude obsahovať).
- Pomôcky a vybavenie, ktoré sa použijú (osvetlenie, lupa, komparátor, zrkadlo, značkovače atď.).

Pomôcky a vybavenie

- Osvetlenie pracoviska: rovnomerné, bez trblietania; doplnkové lokálne LED
- Svetlovodný vodič / LED lampa: dosvieti do tieňov a dutín
- Zrkadlo (rovinné, malé): kontrola čiastočne prístupných kútov
- Príklad nastavenia: 500–750 lx všeobecné + lokálne bodové do svetlenie

Rozsah kontroly na dielci

- Pre **každý diel** sa vopred určí, **kde a pod akým uhlom** sa bude spoj pozorovať; pri zložitejších zostavách sa to vyznačí **na výkrese**. Za štandardný uhol dostupnosti berieme približne **±45°** k osi spoja (Obr. 1 a 2).

Vysvetlivky:
1 - Os,
2 - Uhol pohľadu



Obr. 1 Prístupnosť pre vizuálnu kontrolu: spoje, ktoré možno vidieť vnútri stanoveného uhla k osi spoja alebo k východiskovej rovine.

- **Vysvetlivky:**
1- Vyduté dno, ktoré má byť pozorovateľné pri 45° od osi spoja



Obr. 2 Prístupnosť pre vizuálnu kontrolu: prepadnutý kútový spoj, ak sú prepadnuté kútové spoje povolené

Praktické pravidlá hodnotenia

a) **zvyšky taviva** (ak sú súčasťou použitého postupu spájkovania); na umožnenie kontroly musí byť stanovený rozsah odstránenia taviva a zvyškov taviva;

b) **minimálna relevantná veľkosť vady**; vady, ktorých rozmer je menší než schválená minimálna veľkosť, možno zanedbať. Odporúča sa, aby minimálna relevantná veľkosť vady bola **0,5 mm**;

c) **spojitosť kútových spojov**; musí byť stanovené, či sú prípustné úplné, ale aj neúplné kútové spoje. Ak sú neúplné kútové spoje prípustné, predpis musí byť čo najzrozumiteľnejší, aby sa predišlo možným chybám.

d) **prepadnuté kútové spoje**; prepadnutie môže byť spôsobené medzerou pri spájkovaní na hornej hranici použitého postupu alebo nedostatkom spájky. Je ťažké odhadnúť hĺbku prepadnutia a ak je tento stav prípustný, majú sa navrhnúť prijímacie kritériá.

e) **nadbytok spájky**; ak sa požaduje, aby spájka neprenikla na plochu priliehajúcu k spájkovanému spoju, táto plocha musí byť presne vyznačená na výrobnom výkrese.

f) **erózia povrchu**; niektoré postupy, ako je spájkovanie hliníka, môžu byť charakteristické narušením základného kovu spájkou.

g) **vzhľad povrchu kútového spoja**; ak existujú požiadavky na preberaciu kontrolu, musia sa stanoviť pred vykonaním kontroly. Môžu ovplyvniť rozhodnutie o podrobnostiach a nákladoch procesu spájkovania.

Ako vykonávať kontrolu

a) Kontrolovať podľa schváleného rozsahu a kritérií.
b) Upevnená širokouhlá prehliadačka s 5-násobným zväčšením ponecháva obe ruky voľné a umožní optimálny pohľad na kútové spoje.
c) Na určenie minimálnej veľkosti vád použijeme mierku, aby výsledok nezávisel od ostrosti zraku kontrolóra.
d) Na dosvietenie ťažko prístupných miest použitie svetlo-vodného optického vodiča alebo iné vhodné lokálne osvetlenie.
e) Všetky diely triedime na skontrolované/neskontrolované a OK/NOK; pri spojoch používame jasné značenie (napr. zelená =OK/červená =NOK).
f) Ak je na jednom diele veľké množstvo spojov, je nutný metodický plán kontroly.

Záznam a protokol

a) názov organizácie vykonávajúcej vizuálnu kontrolu;
b) názov pracoviska a/alebo číslo výkresu;
c) jednoznačná identifikácia/číslo dielov, ktorých sa protokol o skúške týka;
d) rozsah kontroly;
e) použité kritériá prípustnosti;
f) dátum a výsledok skúšok a číslo kontroly;
g) meno a podpis pracovníka vykonávajúceho kontrolu;
h) dátum kontroly.

Skúšanie ultrazvukom

- Ultrazvuk (UT) patrí medzi základné metódy na vyhľadávanie **vnútorných** chýb v spájkovaných spojoch.
- V praxi sa najčastejšie používa **impulzno-odrazová technika**; pri zložitej geometrii spoja vie pomôcť aj **priechodová konfigurácia** (dve sondy – vysielač a prijímač).
- Ultrazvukom odhalíme typické chyby: **neúplné zatečenie**, **póry/vmestky taviva**, **pozdĺžne aj priečne trhliny** a **neúplné zmáčanie**.

Tab. 1 – Odrazové charakteristiky spájkovaných spojov

Typ vady	**Odrazová charakteristika**
a) Neúplné zatečenie b) Veľké póry/vmestky c) Pozdĺžne trhliny	Úplný odraz, ak plocha vady presahuje plochu ultrazvukového zväzku.
d) Jemné póry e) Neúplné zmáčanie	Čiastočný odraz závislý od hustoty pórovitosti.
f) Priečne trhliny	Charakteristiky ako pre „zdravý“ spoj. **Pozn.:** Tento typ vady sa zvyčajne zistí skúšaním pod šikmým uhlom k rovine spoja.
Spoj bez vád	Nízka úroveň odrazu závislá od rozdielov v akustických vlastnostiach spájkovaných materiálov a spájok.

Pred vykonaním skúšania sa musia stanoviť:

a) kvalifikácia pracovníkov;
b) výrobné štádium, v ktorom sa má skúšanie vykonať;
c) všetky požiadavky na prípravu povrchu;
d) metóda na nastavenie citlivosti skúšania;
e) úroveň pre hodnotenie;
f) stupne prípustnosti/záznamu;
g) všetky požiadavky na písomný skúšobný postup;
h) požiadavky na protokol o skúške.

Pred začiatkom každého skúšania musia mať skúšajúci pracovníci k dispozícii tieto údaje:

a) písomný skúšobný postup (ak je potrebný);
b) referenčné číslo skúšaného spoja;
c) polohu skúšaného spoja pri umiestnení v zložitej zostave;
d) prípravu spoja vrátane náčrtu (výkresu) spoja;
e) inštrukcie vzťahujúce sa k polohe a druhu možných vád;
f) postup pre opakovanie skúšania.

Povrch skúšobného kusa

- Povrch musí umožniť **spoľahlivú akustickú väzbu** medzi sondou a dielom.
- Prakticky to znamená čistý, odmasťovaný a primerane hladký povrch; odporúča sa drsnosť približne **Ra ≤ 6,3 µm**.
- Ak je to stanovené, povrch sa musí podľa potreby upraviť brúsením alebo inou dohodnutou metódou tak, aby **nevznikali rušivé signály od povrchu.**

Záznam a protokol

a) názov organizácie vykonávajúcej ultrazvukové skúšanie;
b) úplná identifikácia skúšaných spojov vrátane zmluvy a čísiel dielov, umiestnenie spojov na spájanej zostave, ak je to potrebné;
c) štádium výroby a stav skúšaného spoja (napr. po spájkovaní alebo po tepelnom spracovaní);
d) odkaz na príslušný dokument/zmluvu (napr. výrobnú normu);
e) odkaz na písomný postup skúšania, ak je požadovaný;
f) identifikácia použitého zariadenia (typ a **výrobné číslo** ultrazvukového prístroja a typ sondy/sond);
g) citlivosť skúšania a ultrazvukové obrazce viazané na stanovené referenčné mierky;
h) akékoľvek **odchýlky** od stanoveného postupu, prípadne údaje, ktoré môžu ovplyvniť výsledky (napr. použitie ochranného povlaku, **teplota súčiastky** vzhľadom na bežné okolie);
i) použité **kritériá prípustnosti**;
j) získané výsledky (**počet vád**, ich poloha a veľkosť) a **zhodnotenie výsledkov**;
k) meno a podpis pracovníka vykonávajúceho kontrolu;
l) dátum kontroly.

Rádiografické (RT) skúšanie

- Rádiografia využíva **prenikavé žiarenie** (röntgen/gama) na zobrazenie **vnútorných nehomogenít** v spájkovaných spojoch. Vďaka tomu vieme odhaliť **kritické vnútorné vady** – napr. dutiny, nespojené oblasti či rozsiahlu pórovitosť – bez rozobratia dielu.
- Citlivosť RT závisí od **rozdielu absorpcie** medzi spájkou a základným materiálom a od **relatívnych hrúbok**.
- (napr. spájky na báze niklu v nehrdzavejúcej oceli) je kontrast malý a detekcia kapilárnych spojov je ťažšia. Naopak, pri väčšom rozdiele absorpcie a vhodnej geometrii dáva RT veľmi dobré výsledky.
- Digitálne RT systémy sa rýchlo rozvíjajú, ale treba dbať na **reprodukovateľnú citlivosť** a správne nastavenie. Pri voľbe metódy zohráva významnú rolu aj **tvar a prístupnosť** spájanej zostavy.

Princíp a postup skúšania

Žiarenie prechádza materiálom a jeho intenzita sa mení podľa **hrúbky a hustoty**. V mieste vady (dutiny/nespojenia) je útlm **nižší**, a preto sa na zázname objaví **odlišné začernenie/kontrast**. Výsledkom je **dvojrozmerný záznam**, z ktorého určujeme **polohu a približnú veľkosť** vady v projekcii zväzku.

Postup skúšania býva nasledovný:

a) Zvolí sa **technika** (film/digitál, zdroj, energia), **geometria** (vzdialenosť, uhol, rozlíšenie) a **citlivosť** (drôtikov/otvorové IQI (indikátor kvality snímky), digitálne ekvivalenty).

b) Pripraví sa **povrch** (odstránenie nečistôt, ktoré by rušili záznam) a diel sa správne **zafixuje**.

c) Zhotoví sa **expozícia** podľa zvolených parametrov; záznam sa vyvolá/spracuje a **skontroluje kvalita snímky** (ostrosť, zrnitosť, kontrast).

d) Vyhodnotí sa obraz – vyhľadanie a označenie indikácií, meranie ich rozmerov v projekcii, posúdenie proti **kritériám prijatia**.

(Pozn.: Konkrétnu techniku a parametre sú volené podľa príslušnej RT normy a špecifikácie výrobku opísaných v ČSN EN ISO 5579)

Záznam a protokol

a) organizácia vykonávajúca RT,
b) identifikácia dielu/spojov a ich **poloha** v zostave,
c) použitá **metóda a nastavenia** (zdroj, energia, vzdialenosť, čas, IQI/DR parametre),
d) kvalita záznamu (splnenie kritérií obrazu),
e) **kritériá prijatia**, podľa ktorých sa hodnotilo,
f) **nálezy** (typ, poloha, rozmer v projekcii; mapka/označenie na snímke),
g) **záver** vyhovuje/nevyhovuje,
h) meno a podpis pracovníka vykonávajúceho kontrolu;
i) dátum kontroly.

Protokol o skúške musí byť v súlade s **ČSN EN ISO 5579**

Kapilárne (PT) skúšanie

- Kapilárne skúšanie je jednoduchá a veľmi citlivá metóda na hľadanie **povrchovo otvorených vád** spájkovaných spojov – najmä **trhlín**, **pórov**, **neúplného zatečenia** a **slabého zmáčania**.
- Na rozdiel od samotnej vizuálnej kontroly dokáže vadu **opticky “zväčšiť”** a spraviť ju dobre čitateľnou.
- Pri výbere systému (penetrant + čistič + vývojka) treba myslieť na **kompatibilitu** s materiálom a na **odstrániteľnosť** zvyškov.
- V prepojenej pórovitosti môže penetrant zostať „uväznený“ a neskôr **rušiť opätovné spájkovanie** – v takých prípadoch sa PT používa len vtedy, ak vieme zvyšky úplne odstrániť.

Príprava

- Pred skúšaním priprav **diel alebo zostavu** podľa požiadaviek príslušného postupu/špecifikácie.
- Z okolia spájkovaného spoja treba **úplne odstrániť** zvyšky taviva aj prípadné **maskovacie vrstvy** (farba, lak, oleje, mazivá)– mohli by brániť prenikaniu penetrantu alebo vytvárať falošné indikácie.
- Ešte pred samotným PT, si treba **upraviť povrch** (napr. jemné prebrúsenie, odmasťovanie). Ak sa povrch upravuje, zvoľ taký spôsob, ktorý **nezakryje hlbšie vady** a nevyplní ich (aby sa dali odhaliť).

Rozsah a podmienky

V postupe treba jasne určiť:

- **ktoré povrchy** spoja sa budú skúšať (jedna alebo obe strany, hrany, okolie),
- zvolený **penetrant**, spôsob **odstránenia prebytku** a typ **vývojky** vhodný pre daný materiál a povrch.

*Poznámka: Zložité zostavy bývajú prístupné len z **jednej strany**; prispôsob tomu rozsah a hodnotenie.*

Dodržuj: **bezpečnostné požiadavky** pre PT systémy (chemická bezpečnosť, vetranie, manipulácia s horľavinami, UV ochrana pri fluorescencii) podľa príslušnej normy a interných predpisov.

Záznam a protokol

Protokol musí zrozumiteľne uvádzať:

a) identifikáciu dielu/spojov a **rozsah** skúšania,
b) použitý **systém PT** (penetrant, čistič, vývojka) a **časy** (prenikanie, čistenie, vyvíjanie),
c) podmienky pozorovania (typ osvetlenia, UV pri fluorescencii),
d) kritériá prijatia a spôsob hodnotenia,
e) nálezy (poloha, typ a charakter indikácií; fotodokumentácia, ak je požadovaná),
f) záver vyhovuje/nevyhovuje,
g) meno a podpis pracovníka vykonávajúceho kontrolu;
h) dátum kontroly.

Skúšanie tesnosti

- Skúšanie tesnosti zisťuje, či spoj **prepúšťa médium**, a to buď ako **celkovú rýchlosť úniku** z dielu/spoja, alebo presnou **lokalizáciou miesta úniku**. Rýchlosť úniku sa vyjadruje v Pascal kubických metroch za sekundu (**Pa.m³/s)**.
- Metódu možno zaradiť v ľubovoľnom kroku výroby – od dielenských montáží pred finálnym spájkovaním až po **preberaciu skúšku** hotového výrobku.

Existujú dva základné prístupy:

- **Tlaková metóda** – hľadáme **únik z dielu** cez spájkovaný spoj.
- **Vákuová metóda** – detegujeme **vnikanie plynu do dielu**.

Postup skúšania :

Pred voľbou metódy si stanov **detaily skúšky** (teplota, médium, tlak/vákuum, čas, prijímacie limity). (norma ČSN EN 1779 **(015059)**). Bežné postupy:

- **Bublinová metóda** – natlakovať a ponoriť alebo potrieť zmáčadlom; pozorovanie bublín. (norma ČSN EN 1593 (015060))
- **Skúšobný plyn (tracer)** – zvyčajne **hélium** s detekciou hmotnostným spektrometrom. (norma **ČSN EN ISO 20485 (015041))**
- **Metóda zmeny tlaku** – sleduje sa pokles/ nárast tlaku v čase v uzavretom objeme. (norma **ČSN EN 13184 (015040)**)

Príprava:

- Priprav **diel/zostavu** podľa skúšobného postupu alebo špecifikácie.
- Pri **vákuovej skúške** treba odstrániť všetky **prchavé zložky** (môžu spôsobovať falošné signály).
- Pozor na **pórovité materiály/spoje** – môžu dávať **nepravé indikácie** úniku.
- Na urýchlenie odplynenia/čistenia možno diel **mierne zohriať** (na vhodnú teplotu podľa materiálu).
- V skúšanej oblasti zabráň kontaktu s **vlhkosťou** – tá vie prekryť drobné netesnosti.
- Diel musí byť **tesne napojený** na skúšobné zariadenie (bez prisávania okolo prípojok).

Bezpečnosť a životné prostredie

- Diel musí **bezpečne zniesť** rozdiely tlakov **bez deformácie** a bez rizika pre obsluhu. Pri nejasnostiach sa poraď so **špecialistom** a dodrž národné predpisy.
- Detektory s hmotnostným spektrometrom často používajú odlučovače chladené **kvapalným dusíkom**. Pri zohrievaní môže vzniknúť **pretlak** – používaj **predpísané odvzdušnenie/ventiláciu**.
- Skúšaný diel môže obsahovať **nebezpečné látky** → ešte pred skúškou over, či nehrozí ich únik.
- Zohľadni vlastnosti skúšobných plynov:
  - **Amoniak** – toxický, horľavý; vo vlhku môže byť **korozívny**. Pri použití zabezpeč **adsorpciu a neutralizáciu** zvyškov.
  - **Halogénové plyny** – majú **negatívny vplyv na atmosféru**.
  - **Väčšina plynov** (aj inertné: hélium, dusík) sú **dusivé** – pracuj vo vetranom priestore, dodržuj zásady BOZP.
- Vo vákuových systémoch s vysokými napätiami vždy **uzemni všetky časti**, **prepoj a vyrovnaj potenciály** kovových dielov, **kontroluj izolácie a káble** (chráň pred dotykom živých častí), **používaj len neporušené zariadenia** podľa návodu a pri servise **odpoj napájanie**.

Výsledky skúšania a protokol

Po každej skúške tesnosti musí zostať prehľadný **protokol**, z ktorého je zrejmé, **čo sa skúšalo, ako a s akým výsledkom**. Uveď aspoň:

a) názov organizácie vykonávajúcej skúšku.

b) identifikácia dielu/spoja (**číslo zmluvy, číslo dielu** a prípadne **poloha** v zostave).

c) miesto vykonania skúšky.

d) špecifické **detaily postupu** (metóda – bublinová/héliová/zmena tlaku; médium; tlak/vákuum; časy).

e) podmienky skúšania (teplota, vlhkosť, iné ovplyvňujúce faktory).

f) pozorovania/nálezy: zaznamenané výsledky (napr. **rýchlosť úniku**, miesto úniku, poznámky).

g) záver vyhovuje/nevyhovuje,

h) meno a podpis pracovníka vykonávajúceho kontrolu;

i) dátum kontroly.

Overovacie skúšanie

- Overovacie skúšanie vystaví spájkovanú zostavu **vyššiemu zaťaženiu, než aké bude mať v prevádzke**, no bez vzniku **trvalej deformácie**. Veľkosť zaťaženia sa stanoví podľa **projektových požiadaviek** a príslušných smerníc/predpisov.
- Cieľom je **potvrdiť návrh** (rozmery, vyhotovenie), **kvalitu materiálov** a **odolnosť** voči procesom, ktoré v prevádzke obmedzujú životnosť (tlak, mechanické namáhanie, tepelné cykly…).

Postup skúšania

Zvoľ metódu, ktorá najlepšie zodpovedá **tvaru** a **funkcii** dielu; ak diel spĺňa používateľskú normu, musia byť splnené aj jej požiadavky. Zaťaženie sa môže aplikovať napríklad:

- **ťahom alebo tlakom**,
- **hydrostaticky** (tlak kvapalinou),
- **pneumaticky** (tlak plynom),
- **v skrute** (zaťaženie krútiacim momentom),
- **teplotnými šokmi** alebo **opakovanými tepelnými zmenami**,
- inou **dohodnutou** metódou.

Počas skúšky **meraj rozmery** a ich zmeny (pretvorenia, priehyby…). **Rozsah meraní** a použité **metódy** sa dohodnú **vopred**.

Diel sa **vizuálne sleduje** už počas zaťažovania a znovu po ňom. Pri **hydrostatike** obsluha sleduje **netesnosti** nielen na spájkovanom spoji, ale aj na celej konštrukcii.

Záznam a protokol

Počas skúšania zapisuj **všetky pozorovania**; každý **nečakaný jav** (napr. netesnosť) vyznač **osobitne**. Protokol má obsahovať aspoň:

a) **organizáciu** vykonávajúcu skúšku,

b) **odkazy a identifikáciu** (číslo zmluvy, diel, poloha spoja v zostave),

c) zvolenú **metódu skúšania**,

d) **podmienky** (teplota, úroveň zaťaženia, trvanie),

e) ďalšie **relevantné údaje** (napr. použité prípravky, fixácia, prístroje),

f) **záver** vyhovuje/nevyhovuje,

g) **meno a podpis** zodpovednej osoby,

h) **dátum** skúšky.

Termografia

- Termografia sleduje **tok tepla** cez/popri spájkovanom spoji pomocou **infračervenej kamery**.
- Vhodne zvoleným **ohrevom** alebo **ochladením** zvýrazní miesta s inou tepelnou vodivosťou či kontaktom – typicky **nespojené oblasti** alebo zóny so slabým priľnutím.
- Metóda sa osvedčila najmä pri **dutých konštrukciách** a tam, kde je prístupná **iba jedna strana**.
- Skúšobná metóda môže zahŕňať **ohrev spoja** na stanovenú teplotu, alebo skúšanie po **ochladení** skúšobného kusa na teplotu nižšiu ako teplota okolia; skúšanie sa vykonáva pri **stálej** teplote, alebo pri **nábehu** na teplotu okolia.

Príprava a postup skúšania

- Povrch skúšobného kusa sa na skúšanie musí pripraviť **odstránením ochranného povlaku** proti spájkovaniu, **tavidla, farieb, mastnoty, nerovnomerného oxidačného film**u alebo **akýchkoľvek povrchových nečistôt** tak, aby vlastnosti povrchu neovplyvňovali pozorovanie, z ktorého sa interpretujú výsledky.
- Skúšobný kus sa má skúšať bezprostredne po vybratí z spájkovacej pece alebo z tepelného zdroja.
- **Povrch(y)** skúšobného kusa sa skúšajú podľa skúšobného plánu dohodnutého pred skúškou.
- Musia sa zaznamenávať pozorované zmeny v tepelnom obraze – manuálne alebo automaticky – v závislosti od použitého záznamového zariadenia a dohodnutých kritérií.

Záznam a protokol

Protokol o skúške má obsahovať aspoň tieto údaje:

a) názov organizácie vykonávajúcej termografické skúšanie;

b) odkazy: číslo zmluvy, číslo dielu, umiestnenie na spájanej zostave (ak je potrebné);

c) prípravu a stav povrchu;

d) metódu skúšania;

e) použité zariadenie;

f) metódu merania;

g) dosiahnuté výsledky, vrátane záznamov infračervených obrazov;

h) všetky ďalšie závažné údaje;

i) meno a podpis pracovníka vykonávajúceho kontrolu;

j) dátum kontroly.

Ako vybrať metódu

- Najprv si ujasním, **kde môže byť vada**: na povrchu, vo vnútri materiálu, alebo ide o tesnosť.
- Potom sa pozriem na **prístup** – či viem ísť z jednej strany alebo z oboch a či je tvar jednoduchý, alebo členitý.
- Zohľadním **materiál a fyziku**: pre RT potrebujem kontrast absorpcie (pohltenie žiarenia), pre UT nízky útlm (slabý návrat echa) a vhodnú geometriu, pre IRT rovnomernú emisivitu (schopnosť povrchu vyžarovať IR teplo).
- Na **rýchly skríning** začínam VT (a pri podozrení PT); ak potrebujem **vidieť objem**, volím UT alebo RT; ak potrebujem **číslo úniku**, idem na LT; ak riešim **plošné priľnutie**, pomôže IRT.
- Nakoniec rozhodnem podľa **bezpečnosti, prístupu, času a ceny**.

Protokoly a kritériá prijatia (STN EN 12799)

- Identifikácia: diel, číslo, poloha spoja, operátor, dátum/čas
- Postup & nastavenia: metóda, prístroj, sonda/energia, kalibrácia, podmienky
- Kritériá prijatia: odkaz na normu/špecifikáciu, limitné hodnoty
- Nálezy: poloha, veľkosť/typ vady, počet, snímky
- Záver & spätná väzba: OK/NOK, odporúčané kroky, podpis
- Evidencia: uloženie záznamov (názov súboru)

Ďakujem za pozornosť

Nedeštruktívne skúšanie spájkovaných spojov

Autor: Ing. Tomáš Meluš, PhD. (Výskumný pracovník)
Pracovisko: Katedra zvárania a spájania materiálov (UVTE MTF)
Kontakt: tomas.melus@stuba.sk







Technologické modifikácie abrazívneho vodného prúdu - analýza technologickej variability

František Botko[1], Matúš Geľatko[1], Radoslav Vandžura[1], Svetlana Radchenko[1], Michal Hatala[1]

[1]Technická univerzita v Košiciach, Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove, Bayerova 1, 080 01 Prešov

Abstrakt

Abrazívny vodný prúd sa radí do skupiny energolúčových technológií spolu s laserom, plazmou a elektrónovým lúčom. V technickej praxi sa prevažne využíva na delenie širokého spektra kovových a nekovových materiálov. Zásadnou výhodou technológie abrazívneho vodného prúdu je absencia tepelne ovplyvnenej zóny delených materiálov a široké spektrum hrúbok ktoré je možné deliť. Nevýhodou technológie je vysoká energetická náročnosť a tvorba korózie na bežných oceľových materiáloch. Abrazívny prúd ma však potenciál presahujúci iba samotné delenie materiálov. Množstvo výskumov je bolo realizovaných pri obrábaní s kontrolovanou hĺbkou rezu, obrábaní rotujúcich obrobkov a obrábaní otvorov malého priemeru. Predložený článok ma za cieľ sumarizovať technologické modifikácie abrazívneho vodného prúdu.

Úvod

V súčasnosti sa kladie veľký význam na inovácie a vylepšovanie rôznych technológií a procesov a hľadanie nových alternatívnych spôsobov prístupu ku výrobe polotovarov a konečných výrobkov. V priemysle sa rozširuje aplikačný rámec ťažkoobrobiteľných materiálov z dôvodu ich unikátnych vlastností ako je vysoká pevnosť, vysoká korózna odolnosť, žiarupevnosť a podobne. Z tohto hľadiska je nutné hľadať optimálne procesy obrábania týchto materiálov s ohľadom na ekonomiku procesu, kvalitu novovytvorených povrchov a v neposlednom rade aj na environmentálny dopad výrobného procesu [9].

Aplikácia obrábania abrazívnym vodným prúdom (AWJ) s kontrolovanou hĺbkou rezu prináša možnosti pre obrábanie tažkoobrobiteľných materiálov. Medzi výhody tejto technológie možno zaradiť absenciu fyzického tuhého telesa ako nástroja, kde funkciu nástroja plní fokusovaný prúd vody a abrazívnych častíc. Takýto nástroj nepodlieha opotrebeniu a poškodeniu v procese obrábanie, keďže v každom momente je v zábere nový nástroj s požadovanými vlastnosťami. Medzi ďalšie pozitíva možno zaradiť malý priemer „nástroja“ na úrovni ± 1mm, minimálne laterálne sily pri obrábaní, čo umožňuje produkovať tenkostenné komponenty s menšou hrúbkou steny v porovnaní s trieskovými metódami

obrábania. Absencia tepelne ovplyvnenej zóny prakticky pre všetky priemyselné materiály je takisto veľkým benefitom ktoré so sebou prináša technológia AWJ. Pri obrábaní AWJ s kontrolovanou hĺbkou rezu odpadá potreba výmeny nástroja, keďže zmenou technologických podmienok je možné zmeniť podmienky úberu materiálu kontinuálne online bez nutnosti technologických prestojov. Z environmentálnej stránky je pre technológiu AWJ príznačná absencia procesných médií v podobe rezných olejov a emulzií, a pri použití nižších tlakov aj prijateľné energetické nároky[9].

1. História technológie vodného prúdu

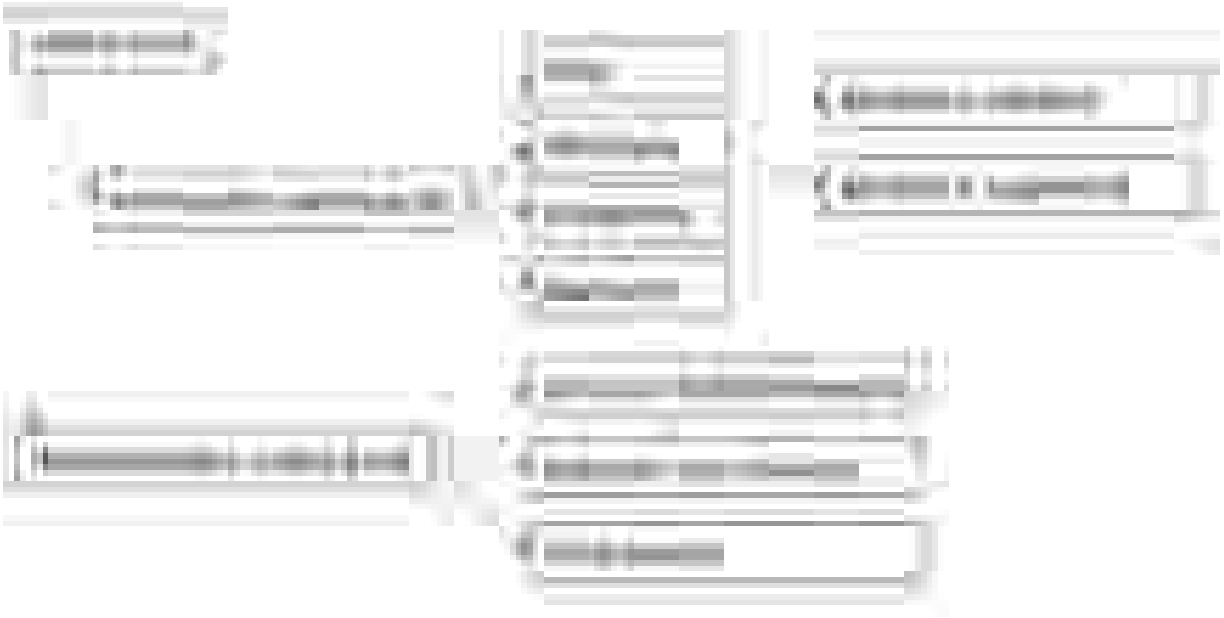
Aplikácia erózie vysokým tlakom vody bola prvýkrát uvedená v polovici 19. storočia pri erózii hornín v ťažobnom priemysle [13]. V 30tých rokoch 20. storočia bola technológia vodného prúdu aplikovaná pri delení papiera čistým prúdom vody (Paper Patents Company). Zásadným prelomom v technológii vodného prúdu boli patenty Elmo Smitha (1935) a Leslieho Tirella (1937), ktorí navrhli zmiešavanie abrazívnych častíc s prúdom vysokotlakovej vody pre zefektívnenie deliaceho procesu a navrhli prvé deliace hlavy so zmiešavacími komorami a zaostrovaniami trubicami. Tieto objavy umožnili vzniknúť technológii abrazívneho vodného prúdu (AWJ) ako modifikácii predtým aplikovanej technológie kontinuálneho vodného prúdu. Pridaním abrazíva ku prúdu vody umožnilo rozšírenie aplikačného rámca technológie pre delenie prakticky všetkých známych materiálov. Zásadnejší rozvoj technológie a reálna aplikácia v priemysle prebiehal v 80. a 90. rokoch 20 storočia so zdokonaľovaním riadiacich systémov, polohovania deliacich hláv a vývojom vysokotlakých púmp [13], [9].

V 60. rokoch 20. storočia boli dostupné hydraulické pumpy, ktoré dosahovali tlaky 400 MPa pri prietoku vody 4 l.min-1. Takéto zariadenia priniesli možnosť delenia materiálov s nižšou pevnosťou (plasty, papier, drevo) [13] , [9].

Začiatkom 70. rokov 20. storočia Národný úrad pre letectvo a vesmír (NASA),[10],[11],[12],[14] aplikoval technológiu vysokotlakového vodného prúdu pri delení tepelne odolných keramických materiálov pre tepelné štíty raketoplánov. Ďalším z prelomových krokov pre technológiu WJ bolo vyvinutie korundovej vodnej dýzy spoločnosťou Bendix Corp.. čo umožnilo komercializáciu technológie. [6]. V týchto rokoch napredoval vývoj technológie AWJ založením výskumného pracoviska Flow Research. Medzi prelomových výskumníkov je považovaný Mohamad Hashish, ktorý sa venoval výskumu

delenia kovov a tažkoobrobiteľných materiálov pomocou primiešavania abrazíva do kontinuálneho vodného prúdu [15],[18] , [9].

Vodné prúdy je možno klasifikovať na základe ich vlastností, kontinuity a prítomnosti pevných častí vo vodnom prúde. Základné rozdelenie modifikácií vodného prúdu je znázornené na obrázku nižšie (Obr. 1) [7][8][9][10].



Obr. 1 Klasifikácia technológií vodného prúdu [19],[20]

Technológia čistého vodného prúdu patrí medzi prvotné vývojové stupne predmetnej technológie. Princípom úberu materiálu je erózia vyvolaná prúdom vody s nadzvukovou rýchlosťou a vysokou kinetickou energiou. Bežné tlaky používané pri technológii čistého vodného prúdu sa pohybujú v rozmedzí 50 – 600 MPa. Vysoká výtoková rýchlosť je dosahovaná pomocou dýz s veľmi malým priemerom (0,1 – 0,5 mm). Delenie čistým vodným prúdom, vzhľadom na rýchlu stratu kinetickej energie je obmedzené na materiály nižšej pevnosti, ako textilne materiály, guma, papier, fólie, drevo a podobne. Ďalšou aplikáciou je aj použitie v potravinárskom priemysle, vzhľadom na fakt, že v každom momente je generovaný nový nástroj čo výrazne vplýva na hygienu procesu delenia [9] [19] [20].
Výtokovú rýchlosť vodného prúdu (Obr. 2) je možné vypočítať podľa vzťahu (1) ktorý odvodil Hashish [16],[18]:



(3)

Kde

Cd – koeficient výpustu

Ψ – koeficient stlačiteľnosti

P - tlak čerpadla [MPa]

ρ_W - hustota vody [$kg.m^{-3}$]

Vzhľadom na fakt, že abrazívny vodný prúd sa skladá z troch fáz (tuhá – abrazívne častice, kvapalná – voda a plynná – vzduch) je možné definovať energetický profil abrazívneho vodného prúdu pomocou kinetických energií jednotlivých zložiek AWJ. Distribúcia energie závisí od rýchlostného a hmotnostného profilu každej fázy abrazívneho vodného prúdu. Najväčšie množstvo kinetickej energie prenášajú abrazívne častice a voda. Vzduch napriek nadzvukovej výtokovej rýchlosti, má minimálnu hmotnosť a je možné jeho vplyv na výslednú kinetickú energiu zanedbať [14], [15], [9], [7].

Energia dostupná v príslušnom časovom intervale tj, ktorá prislúcha intervalu dávkovania abrazíva sa rozdelí medzi kinetickú energiu vodného prúdu (1) a kinetickú energiu abrazívnych častíc (2) podľa vzťahov [18], [6], [7]:



(1)

(2)

Kde časovému intervalu t_j sú priradené hodnoty:

$m_{WJ,j}$ - hmotnosť časti vodného prúdu

$v_{WJ,j}$ - rýchlosť vodného prúdu

$m_{AP,j}$ - hmotnosť abrazíva

$v_{AP,j}$ - priemerná rýchlosť abrazíva

$\omega_{Ap,j}$ - uhlová rýchlosť abrazíva

$J_{AP,j}$ - moment zotrvačnosti abrazívnej častice

Z rovnice (2) vyplýva, že kinetická energia abrazívnej častice je definovaná ako súčet translačnej a rotačnej zložky kinetickej energie.



Obr. 2 Oblasti AWJ **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**

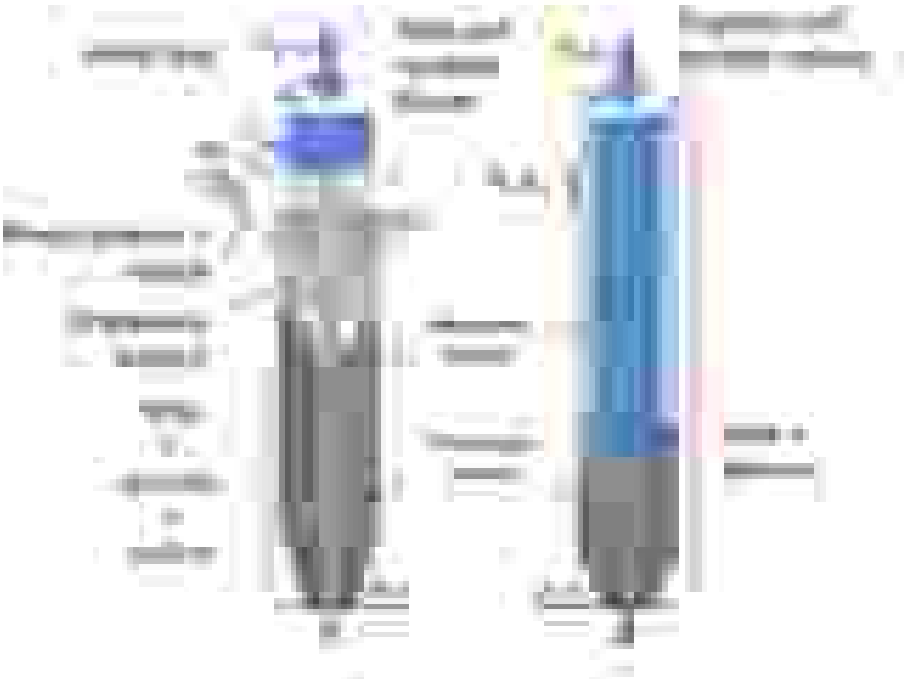
1.1 Abrazívny vodný prúd

Abrazívny vodný prúd patrí medzi najrozšírenejšie modifikácie technológie vodného prúdu. Základný princíp spočíva v zmiešavaní čiastočiek abrazíva (granát, oxid hliníka, karbid kremíka) do prúdu vody za účelom zvýšiť erózny účinok a rýchlosť úberu materiálu [13]. Delenie abrazívnym vodným prúdom je možné aplikovať na široké spektrum materiálov od papiera, gumy, textilných materiálov až po tvrdé a krehké materiály, ako sú kovy, keramika a sklo. S príchodom počítačového riadenia (NC, CNC) je možné presné riadenie deliacej hlavy v osiach x a y pre vytváranie komplikovaných tvarov a naklápanie deliacej hlavy pre 2,5D a 3D tvary[8],[9],[18].

Vysokorýchlostný abrazívny vodný prúd (AWJ) ako nástroj má teoretický tvar valca a skladá sa z dynamicky sa meniacich komponentov (vody, abrazíva a vzduchu), ktoré nesú kinetickú energiu, potrebnú na dezintegráciu materiálu. Podoba prúdu, tak ako aj jeho energetický profil sú závislé na viacerých podmienkach. Priemer prúdu je funkciou parametrov ako tlak vody, priemer vodnej dýzy, tvar fokusačnej trubice, druh abrazíva a hmotnostný tok abrazíva (Obr. 3) . Pri interakcii prúdu s materiálom dochádza ku strate kinetickej energie a prúd sa deformuje. Táto zmena závisí od počiatočnej rýchlosti prúdu, smere posuvu, geometrii rezu, mechanických vlastnostiach materiálu a hrúbke dezintegrovaného materiálu [1][7] [9].

Typický technologický systém pre obrábanie abrazívnym vodným prúdom pozostáva z vysokotlakového čerpadla, zachytávacej vane, deliaceho stola, systému dopravy abrazíva,

polohovacieho systému, deliacej hlavy a rozvodu vysokotlakovej vody. Ďalšími prídavnými zariadeniami môžu byť vyrovnávacia nádoba (buffer), zariadenie na čistenie a zmäkčovanie vody a zariadenie na recykláciu abrazíva [9] [7][11].



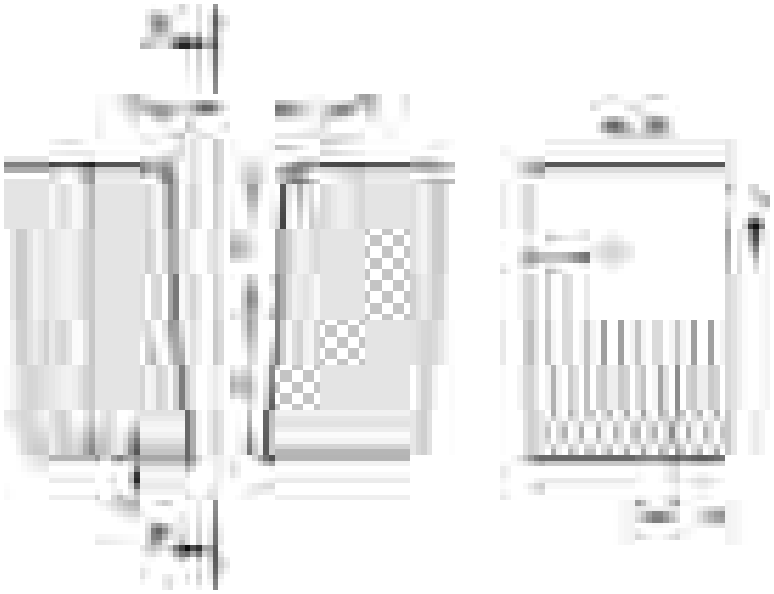
Obr.3 Abrazívny injekčný vodný prúd a abrazívny suspenzný vodný prúd [21]

AWIJ – abrazívo je dopravované do zmiešavacej komory prostredníctvom Venturiho efektu – obsahuje všetky tri fázy – pevná, kvapalná, plynná

AWSJ – suspenzný vodný prúd, abrazívo je s vodou zmiešané v tlakovej nádobe a pod pracovným tlakom je dopravované ku fokusačnej trubici – absencia vzduchu v suspenzii

2. Kvalita rezu po delení abrazívnym vodným prúdom

Pre hodnotenie kvality novovytvorených povrchov sa využíva švajčiarska norma SN 214001:2010 Bezkontaktné delenie – delenie vodným prúdom – geometrická špecifikácia produktu a kvalita (Contact-fre cutting – Water jet cuting- geometrical produkt specification and quality). Táto norma popisuje vybranú škálu geometrických a topografických znakov pre zatriedenie povrchov vytvorených vodným prúdom do konkrétnych kvalitatívnych tried Q1 – Q5 [32] (Obr. 4).



Obr. 4 Základné parametre rezu a povrchu podľa SN 214001:2010 [22]

Legenda :

g - otrep

h_f - zóna jemného rezu

h_r - zóna zvyšného povrchu

r_k - polomer zaoblenia hrany

s_b - zóna ovplyvnená vodným prúdom

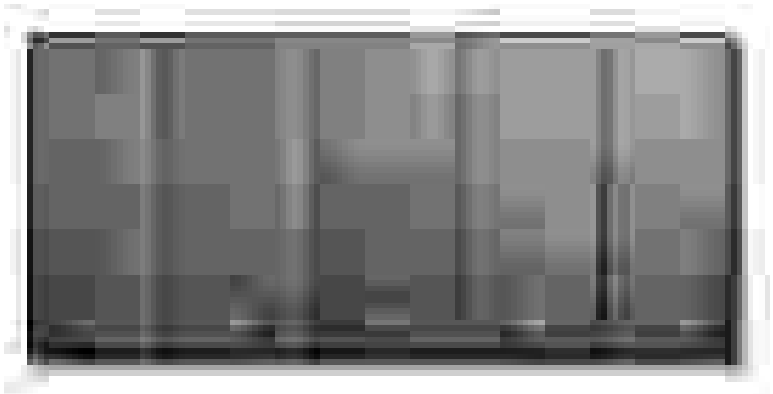
t - hrúbka obrobku

u - kolmosť alebo uhlová tolerancia

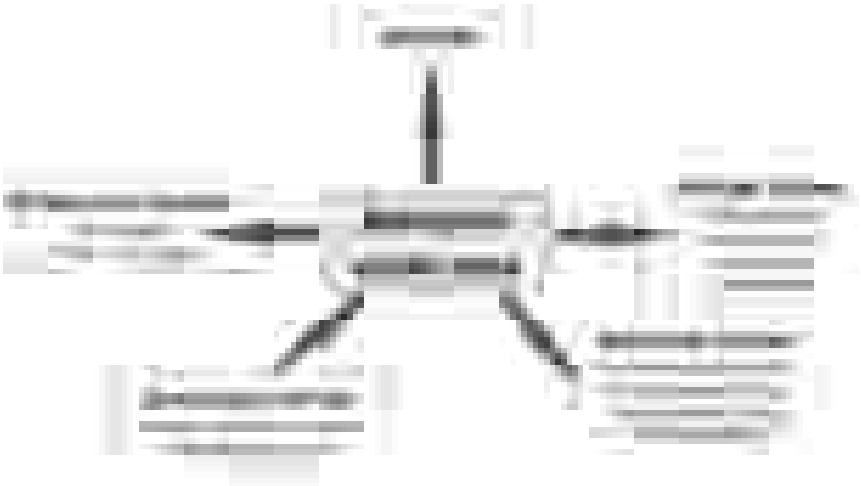
f - rozstup stopy po vodnom prúde

n - zaostávanie stopy po vodnom prúde

s - smer prúdu



Obr. 5 Znázornenie úrovní kvality po delení vodným prúdom [23]

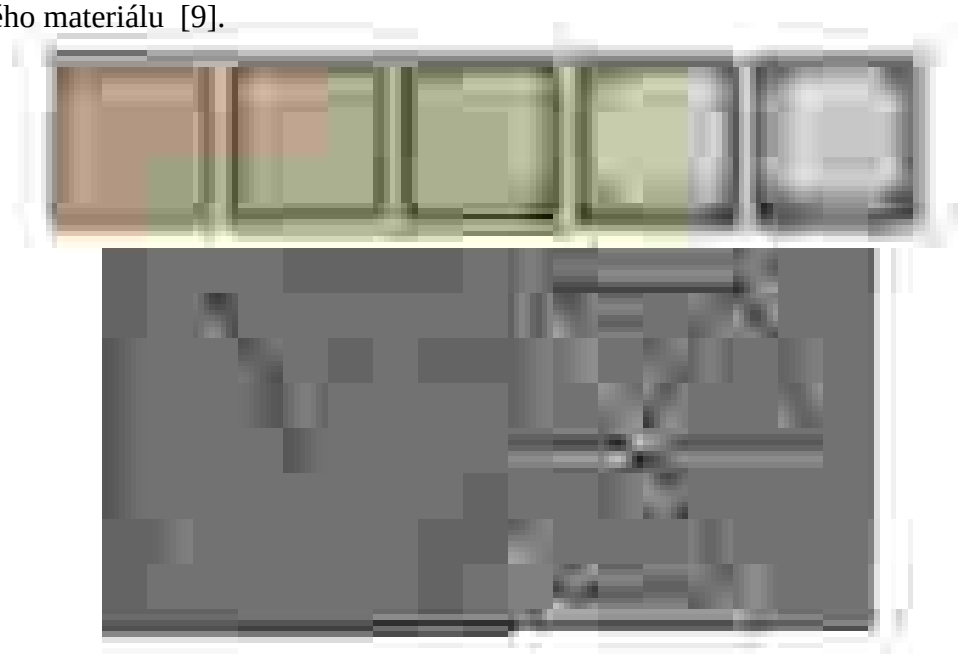


Obr. 6 Faktory vplývajúce na proces obrábania abrazívnym vodným prúdom [24]



(4)

Vzťah (4) popisuje závislosť jednotlivých výstupných parametrov na vstupných faktoroch procesu (technologické faktory abrazívneho vodného prúdu a mechanické vlastnosti obrábaného materiálu [9].



Obr.7 Príklady obrábania abrazívnym vodným prúdom s kontrolovanou hĺbkou rezu (frézovanie) [8]

Záver

Obrábanie abrazívnym vodným prúdom prináša široké spektrum možností nielen pri rezaní ale aj obrábaní rôznych kovových a nekovových materiálov. Obrábanie s definovanou hĺbkou rezu je možné v špecifických prípadoch aplikovať ako náhradu konvenčného frézovania s nástrojom , ktorého priemer je na úrovni 1 mm. Nezanedbateľnou výhodu obrábania abrazívnym vodným prúdom je fakt, že nedochádza ku otupovaniu nástroja, keďže v mieste rezu sa stále nachádza „nový“ nástroj. Abrazívny vodný prúd zároveň umožňuje obrábanie tenkostenných štruktúr, ako sú napríklad rebra chladičov, vzhľadom na nízke laterálne sily pôsobiace v procese.

Poďakovanie
Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. *VV-MVP-24-0190*. Príspevok vznikol v rámci riešenia projektov VEGA 1/0391/22 a KEGA 017TUKE-4/2023. Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Rozvoj excelentných výskumných kapacít v oblasti aditívnych technológií pre Priemysel 21 storočia, kód ITMS: 313011BWN5, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra
[1]. BUMBÁLEK, B.: Integrita povrchu a její význam pro posouzení vhodnosti dané plochy pro její funkci In: Ústav strojírenské technologie, Brno. ISBN 978-80-214-4352-5

[2]. HRIVŇÁK, Ivan. a kol: Experimentálne metódy štúdia materiálov I, II; zvyškové napätia, ich meranie a možnosti eliminácie, Trnava, 2010, 71 strán, ISBN 978-80-8096-120-6

[3]. DAVIM, P.J. : Surface integrity in machinig. LondonPortugal, 2009 222 strán., ISBN 978-1- 84882-873-5

[4]. Kong, L., Wang, Y., Lei, X., Feng, C., & Wang, Z. (2021). Integral modeling of abrasive waterjet micro-machining process. Wear, 482, 203987.

[5]. Hashish, M. (1984). On the modeling of abrasive-waterjet cutting. In Proc. of 7th Int. Symp. on Jet Cutting Technology (pp. 249-265).

[6]. František Botko. Matematické modelovanie makromechanizmov pri úbere hliníka vysokorýchlostným hydroabrazívnym prúdom, Diplomová práca, 76 s. 2006. Prešov

[7]. Momber, A. W. (2001). Energy transfer during the mixing of air and solid particles into a high-speed waterjet: an impact-force study. Experimental Thermal and Fluid Science, 25(1-2), 31-41.

[8]. Botko, F., Hlaváček, P., Lehocká, D., Foldyna, V., Hatala, M., Simkulet, V. (2021). Effect of Abrasive Water Jet Machining on the Geometry of Shapes in Selected Tool Steels. In: Klichová, D., Sitek, L., Hloch, S., Valentinčič, J. (eds) Advances in Water Jetting. Water Jet 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham.

[9]. František Botko. Vplyv technologických parametrov abrazívneho vodného prúdu na úber materiálu pri obrábaní s kontrolovanou hĺbkou rezu pri nízkom tlaku, Habilitačná práca, 99 s. 2023. Prešov

[10]. SUMMERS, D. A.: Waterjetting Technology. In: E & FN SPON An Imprint of Chapman & Hall, London 1995.

[11]. HOWELLS, W.G.: Super water jetting applications from 1974 to 1999

[12]. RICE, R.M.: "Process Report on the Automated Hydro Removal of TPS" prepared for NASA, Contract NAS8-36300, 1986.

[13]. Jagadish, & Gupta, K. (2020). Abrasive water jet machining of engineering materials. Springer.

[14]. HOPPE, D.T. - BABAI, M.K.: High pressure water jet cutting and stripping [online]. NASA Center: Marshall Space Flight Center, 1991.

[15]. Hashish, M. (1988). Visualization of the abrasive-waterjet cutting process. Experimental mechanics, 28, 159-169.

[16]. Hashish, M. (2003, August). Inside AWJ nozzles. In Proceedings of 12th WJTA conference (pp. 17-19).

[17.]. OMAX Corporation: History of Waterjet [online]. South Kent: OMAX Corporation. 2014. [cit. 2023-02-06]. Dostupné na internete: < https://www.romax.com.ro/history-of-waterjet >.

[18]. Hashish, M. (1984). On the modeling of abrasive-waterjet cutting. In Proc. of 7th Int. Symp. on Jet Cutting Technology (pp. 249-265).

[19]. VESELÝ, R. Řezání materiálu vodním paprskem. Bakalárska práca. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 44 s.

[20]. JÁCHYM, J. Řezání materiálu vodním paprskem. Bakalárska práca. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 37 s.

[21]. Putz, M., Dix, M., Morczinek, F., & Dittrich, M. (2018). Suspension technology for abrasive waterjet (AWJ) cutting of ceramics. Procedia Cirp, 77, 367-370.

[22]. SN 214001:2010; Contact-Free Cutting—Water Jet Cutting-Geometrical Specification and Quality. Swiss Standards-Vereiningung: Zurich, Switzerland, 2013.

[23]. Pegasus Northwest, Inc. Why waterjet, [cit. 2023-02-06]. Dostupné na internete: <http://pegasusnw.com/why-waterjet-2/>.

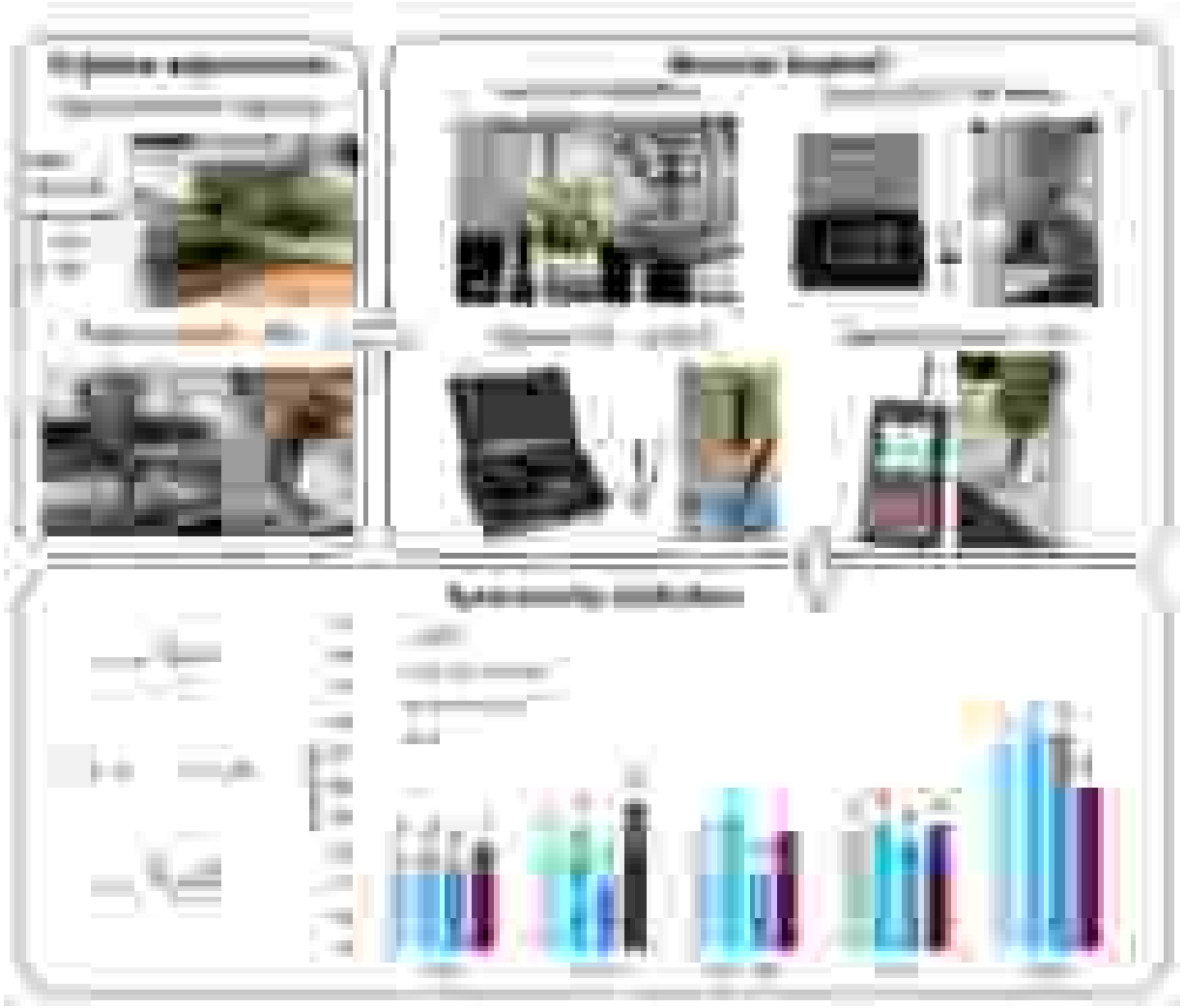
[24]. Natarajan, Y., Murugesan, P. K., Mohan, M., & Khan, S. A. L. A. (2020). Abrasive Water Jet Machining process: A state of art of review. Journal of Manufacturing Processes, 49, 271-322.

Nedeštruktívne meranie tvrdosti

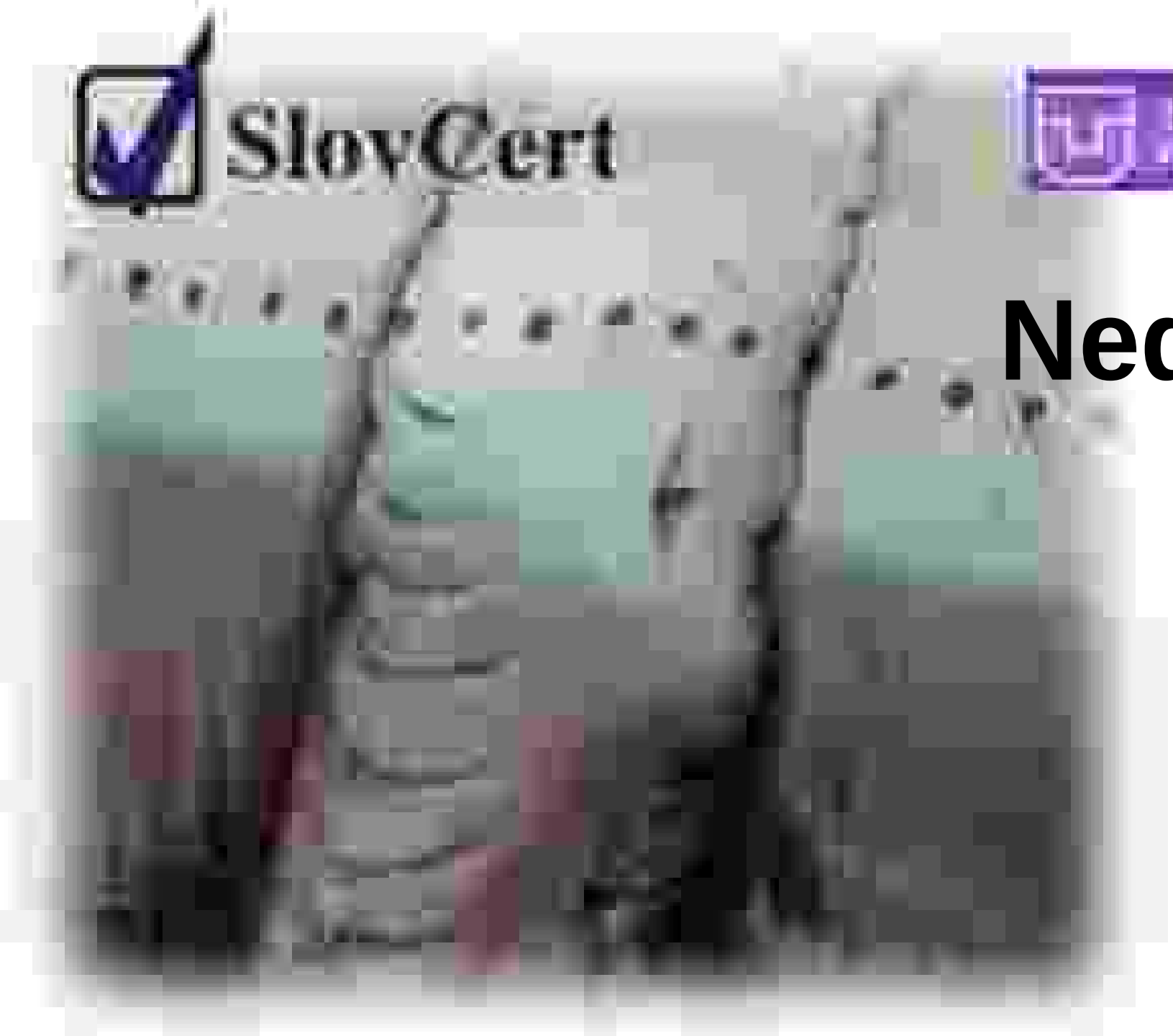
Ivan Opatt[1], Matúš Geľatko[2], Radoslav Vandžura[2], František Botko[2], Michal Hatala[2], Svetlana Radchenko[2]
[1]SlovCert spol. s r.o.
[2]Fakulta výrobných technológií Technickej univerzity v Košiciach so sídlom v Prešove

Abstrakt

Príspevok popisuje experiment zameraný na meranie tvrdosti vybraných kovových materiálov, pričom hlavným cieľom je porovnanie hodnôt získaných dvomi prenosnými tvrdomermi, s hodnotami meranými konvenčným laboratórnym prístrojom. Získané a spracované dáta slúžia ako podklad pre následné zhodnotenie potenciálu a vhodnosti prenosných tvrdomerov pre ich aplikáciu v priemysle.



Poďakovanie
Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-21-0228. Príspevok vznikol v rámci riešenia projektov VEGA 1/0391/22 a KEGA 017TUKE-4/2023. Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Rozvoj excelentných výskumných kapacít v oblasti aditívnych technológií pre Priemysel 21 storočia, kód ITMS: 313011BWN5, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Nedeštruktívne meranie tvrdosti

Ivan Opatt
SlovCert s.r.o.
PZVAR MEETING 2025
2.10.2025

Čo je nedeštruktívne meranie tvrdosti



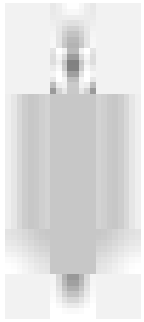




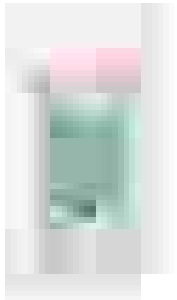
Motivácia experimentu

Tento experiment je zameraný na **meranie tvrdosti** vybraných kovových materiálov, pričom hlavným cieľom je porovnanie hodnôt získaných **troma rôznymi metódami** merania tvrdosti, s hodnotami meranými konvenčným laboratórnym prístrojom. Získané a spracované dáta slúžia ako podklad pre následné zhodnotenie potenciálu a vhodnosti prenosných tvrdomerov pre ich aplikáciu v priemysle.

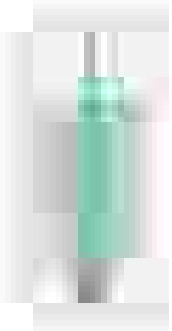
Porovnávané metódy



Rockwell
Metóda merania tvrdosti materiálu na základe hĺbky vtlačku pod zaťažením.



LEEB
je dynamická, nedeštruktívna metóda merania tvrdosti kovov, ktorá je založená na odrazovej tvrdosti.



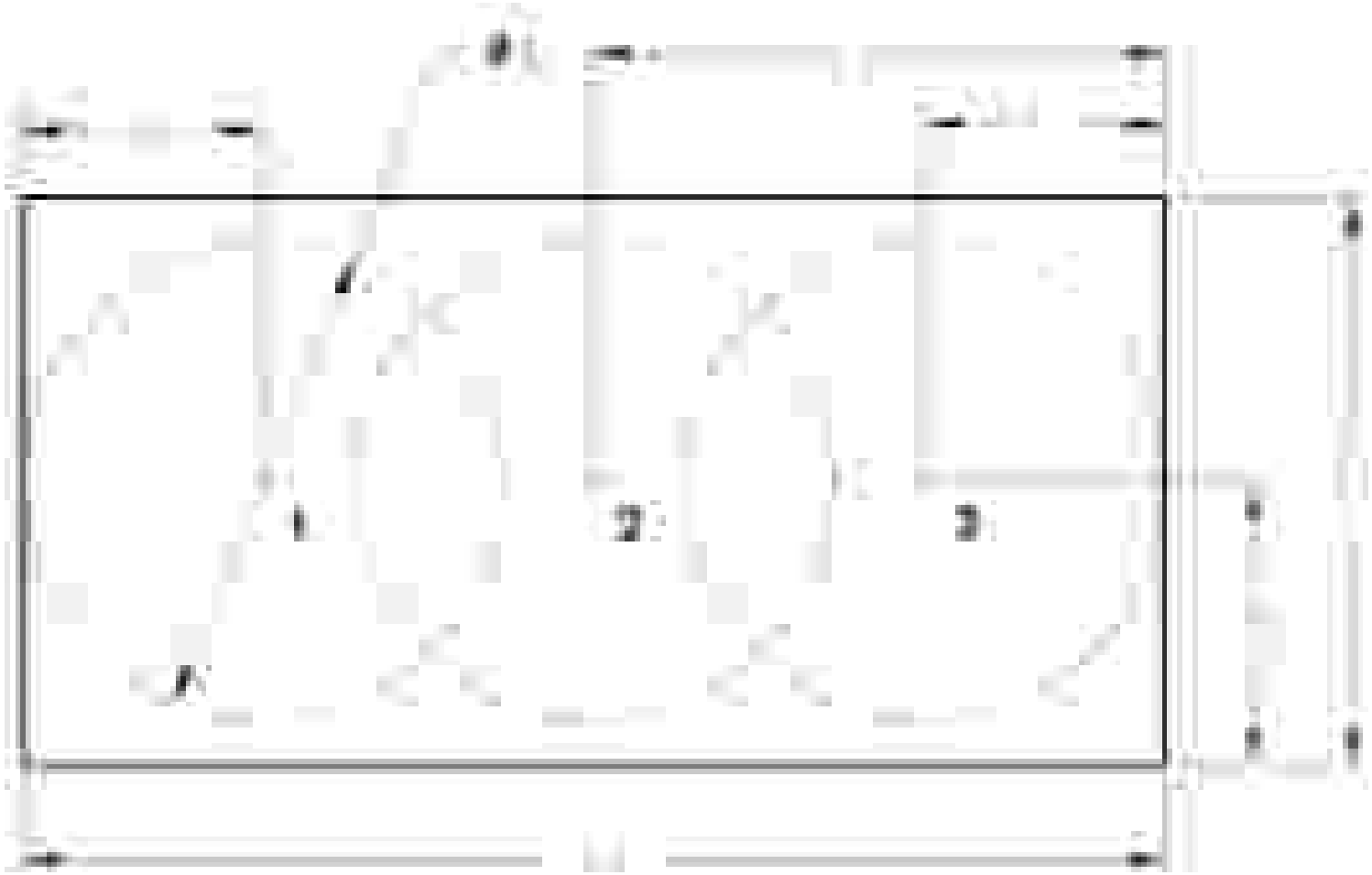
UCI
Ultrazvuková Kontaktná Impedancia je nedeštruktívna metóda na určenie tvrdosti materiálu, pri ktorej sa na povrch materiálu pritlačí oscilujúca tyč s diamantovým hrotom. Tvrdosť sa určí na základe merania zmeny frekvencie ultrazvukového signálu po kontakte s materiálom

Príprava experimentu

Materiál	S235	AISI 316L	Monel 400	Ti-GR2	Ti-GR5
HV	120-160	150-215	100-150	160 - 200	310 - 370



Rozmery vzoriek



Delenie vzoriek

Water Jet 3015 RT-3D



Parameter	Označenie	Hodnota	Jednotka
Tlak	p	415	MPa
Hmotnostný tok abrazíva	m_a	400 – 500 (podľa materiálu)	$g.min^{-1}$
Priemer vodnej dýzy	D_v	0,3	mm
Priemer fokusačnej trubice	D_f	0,9	mm
Stand-off	SOD	4	mm

Delenie vzoriek

Water Jet 3015 RT-3D

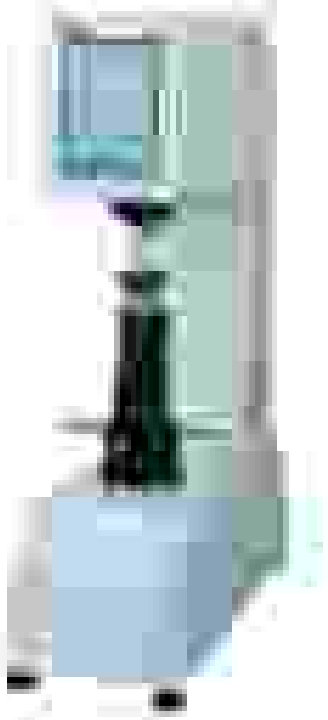


Parameter	Označenie	Hodnota	Jednotka
Tlak	p	415	MPa
Hmotnostný tok abrazíva	m_a	400 – 500 (podľa materiálu)	$g.min^{-1}$
Priemer vodnej dýzy	D_v	0,3	mm
Priemer fokusačnej trubice	D_f	0,9	mm
Stand-off	SOD	4	mm

Postup

ISH-RSR400-U

1. Zvolenie vhodnej stupnice podľa skúmaného materiálu a príslušného indentora.
2. Výber základne pre meranie a umiestnenie vzorky na základňu .
3. Pritlačenie indentora na dotyk, mechanickým posuvom na povrch vzorky.
4. Spustenie merania - automaticky (cca. 2 min. podľa materiálu, stupnice a zaťaženia).



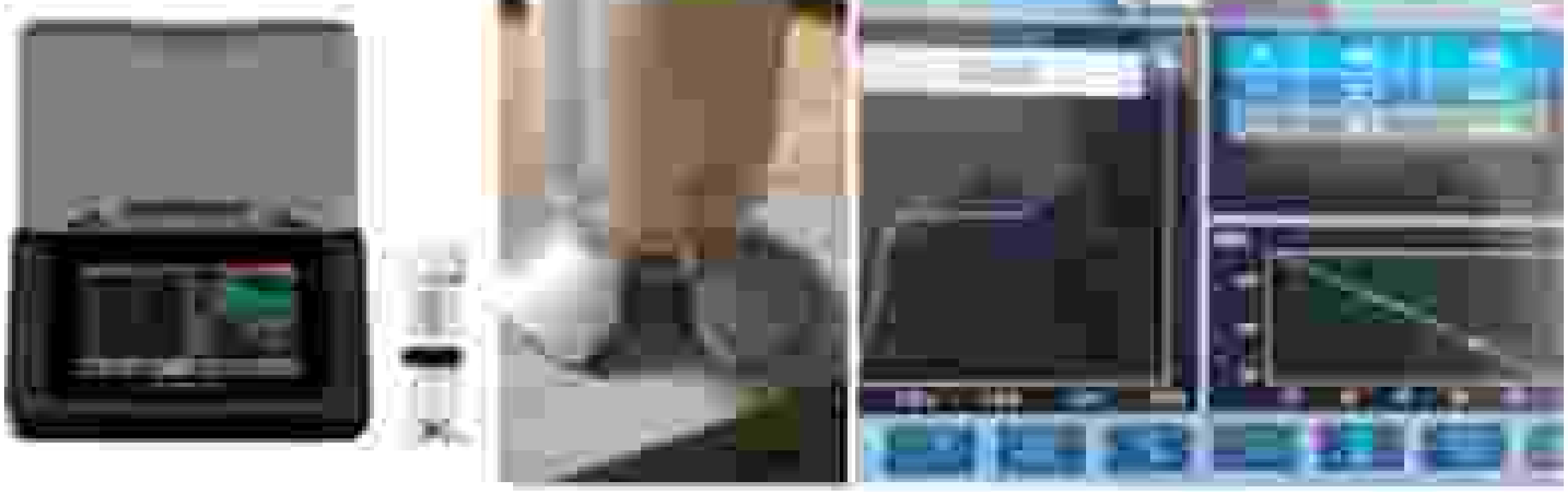




Postup

ROCKWELL

1. Priloženie sondy na povrch vzorky.
2. Pôsobenie tlakom - prístroj interpretuje silu a priebeh merania so stručnými pokynmi.
3. Vyhodnotenie merania prístrojom.
4. Interpretácia výsledkov v tabuľke a grafe.

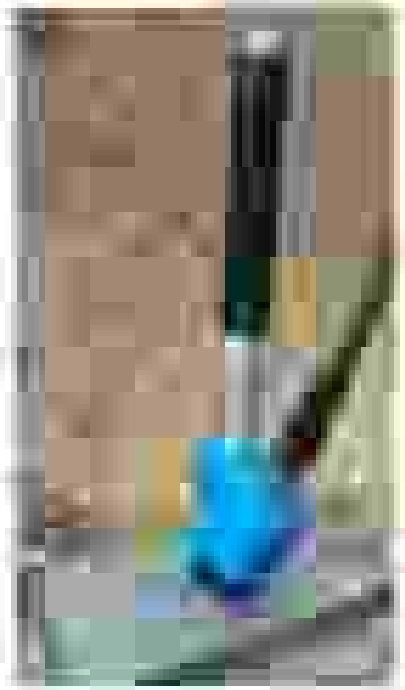


Postup

LEEB

1. Stlačenie pružiny v sonde posunom nabíjacieho puzdra.
2. Priloženie sondy na povrch vzorky.
3. Uvoľnenie pružiny stlačením tlačidla spúšte.
4. Vyhodnotenie merania prístrojom.
5. Interpretácia výsledkov v tabuľke a grafe







Postup

UCI

1. Kalibrácia sondy na meranom materiáli – rýchlosť šírenia ultrazvukového vlnenia.
2. Priloženie sondy kolmo na vzorku a vyvinutie tlaku do zaznenia signálu.
3. Vyhodnotenie merania prístrojom.
4. Interpretácia výsledkov v tabuľke.



Postup vyhodnotenia

Pre lepšiu interpretáciu výsledkov boli všetky namerané hodnoty prevedené do stupnice HV

Následne boli výstupné dáta spracované.

Z 3 hodnôt merania každým prístrojom na každom materiáli bol kalkulovaný aritmetický priemer

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Kde: $\bar{x}$ - aritmetický priemer nameraných hodnôt,

x_i - hodnoty nameraných veličín,

n - počet hodnôt (meraní).

Meranie

ISH-RSR400-U

S235 (HV)			
Bod	1	2	3
Tvrdosť v (HV)	159	159	159
$\bar{x}$	159		
HV data.	120 - 160		



Meranie

ISH-RSR400-U

AISI 316L (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	149	149	149
$\bar{x}$	149		
HV data.	150 - 215		

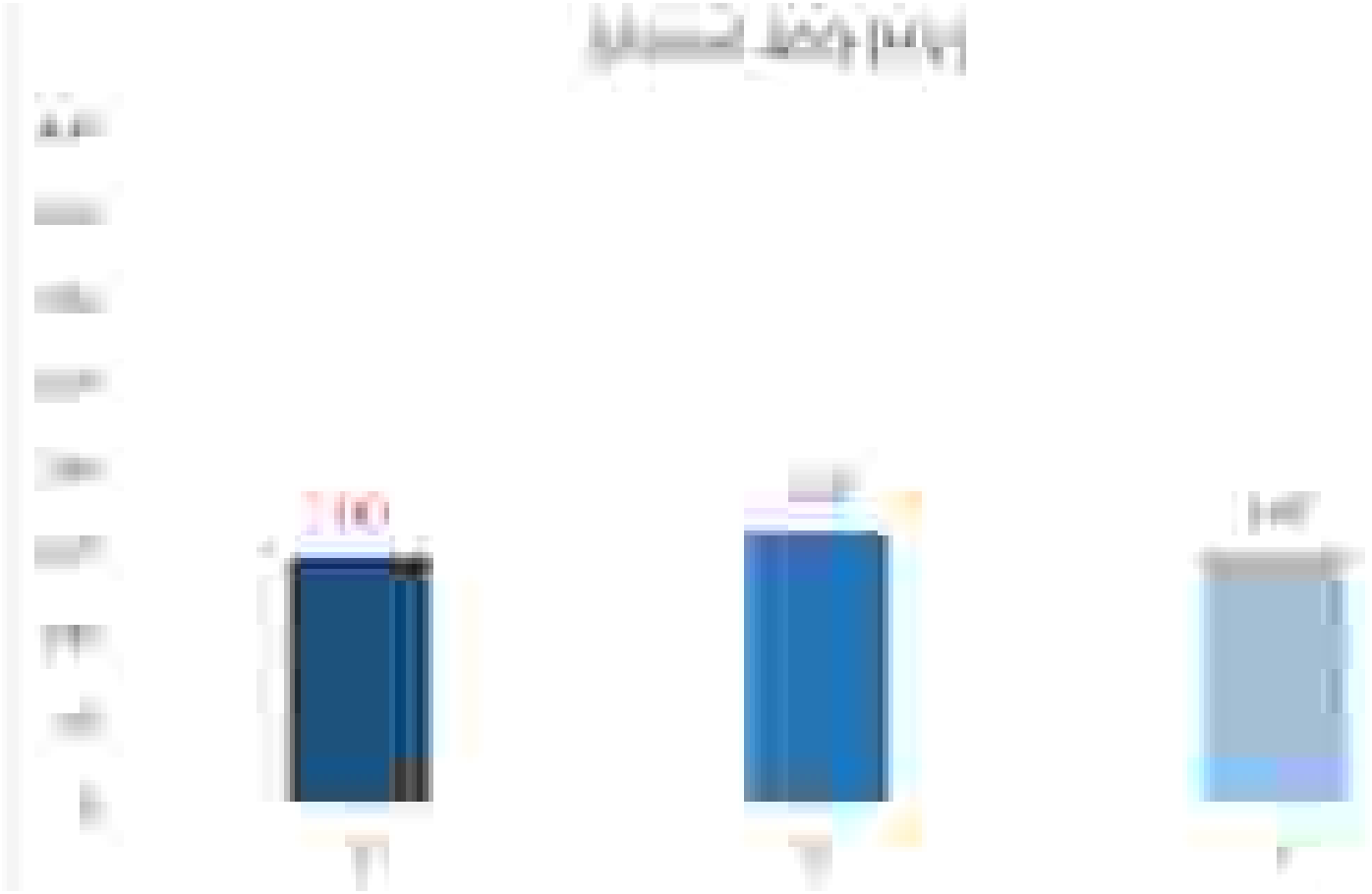


Meranie

ISH-RSR400-U

Monel 400 (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	147	162	149
$\bar{x}$	153		
HV data.	100 - 150		



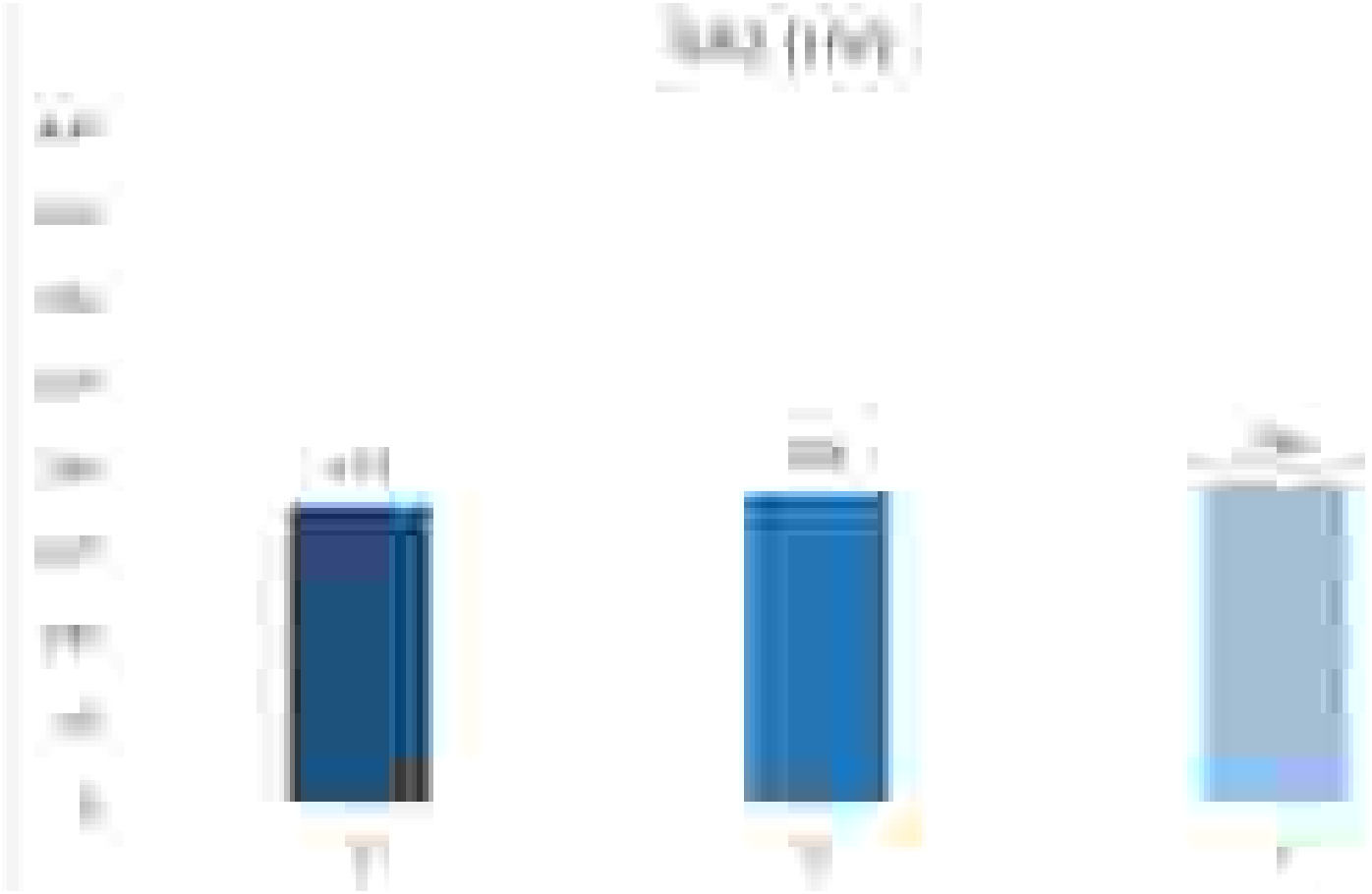


Meranie

ISH-RSR400-U

GR2 (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	177	184	190
$\bar{x}$	184		
HV data.	160 - 200		



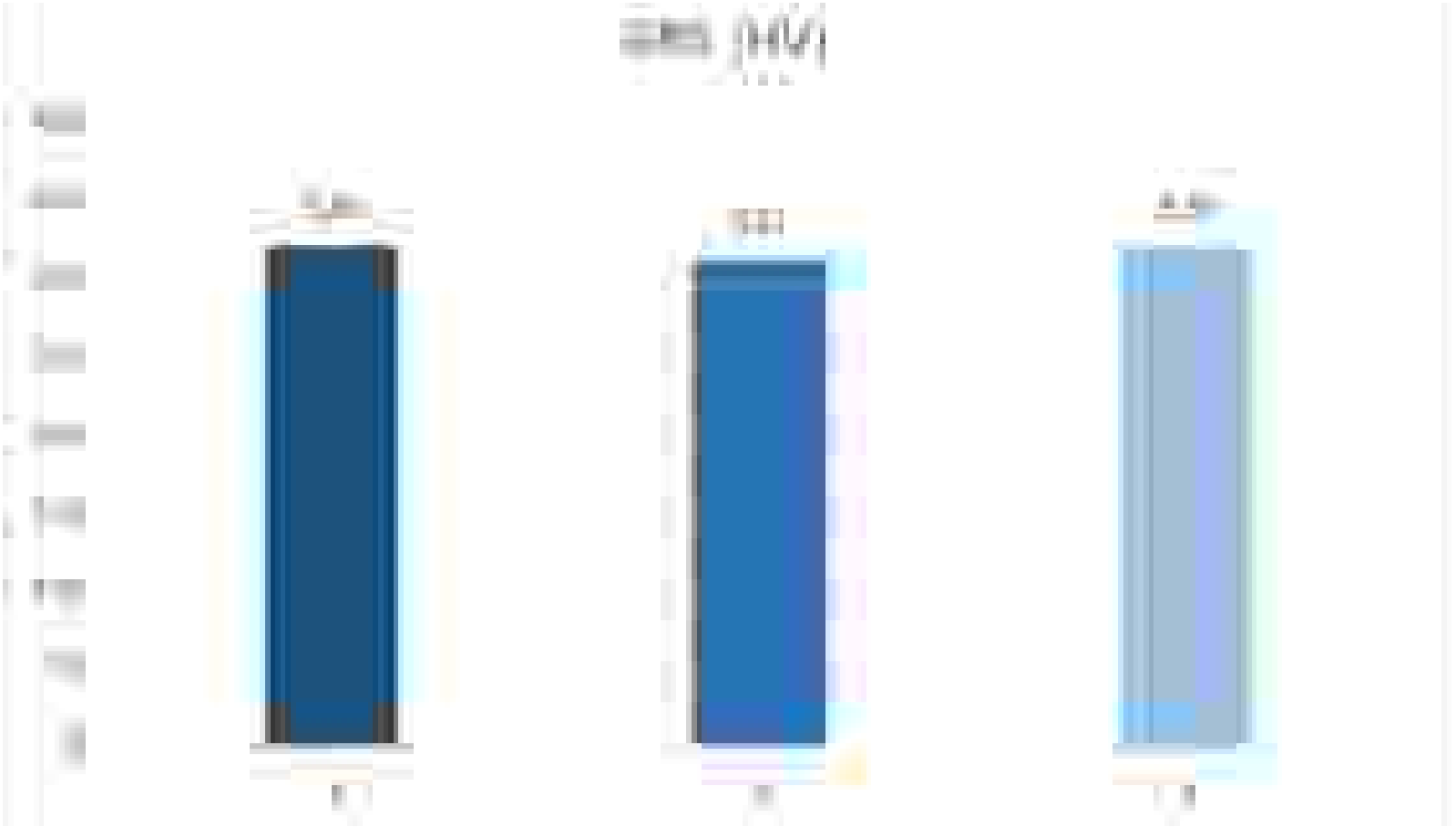


Meranie

ISH-RSR400-U

GR5 (HV)			
Bod	1	2	3
Tvrdosť v (HV)	320	312	320
$\bar{x}$	317		
HV data.	310 - 370		

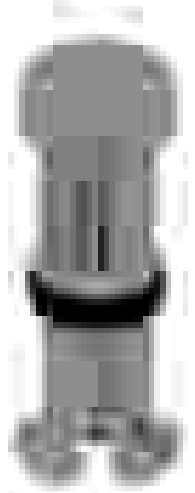




Meranie

ROCKWELL

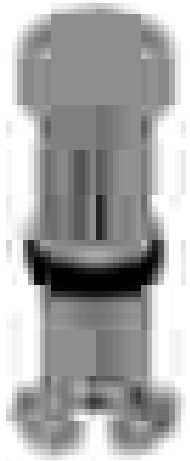
S235 (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	146	158	140
$\bar{x}$	148		
HV data.	120 - 160		



Meranie

ROCKWELL

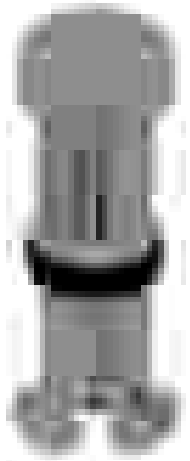
AISI 316L (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	187	189	188
$\bar{x}$	188		
HV data.	150 - 215		



Meranie

ROCKWELL

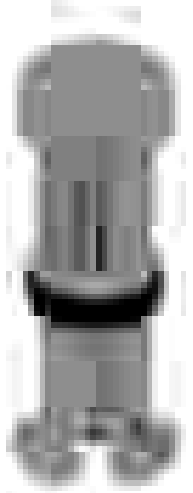
Monel 400 (HV)			
Bod	1	2	3
Tvrdosť v (HV)	213	212	213
$\bar{x}$	213		
HV data.	100 - 150		

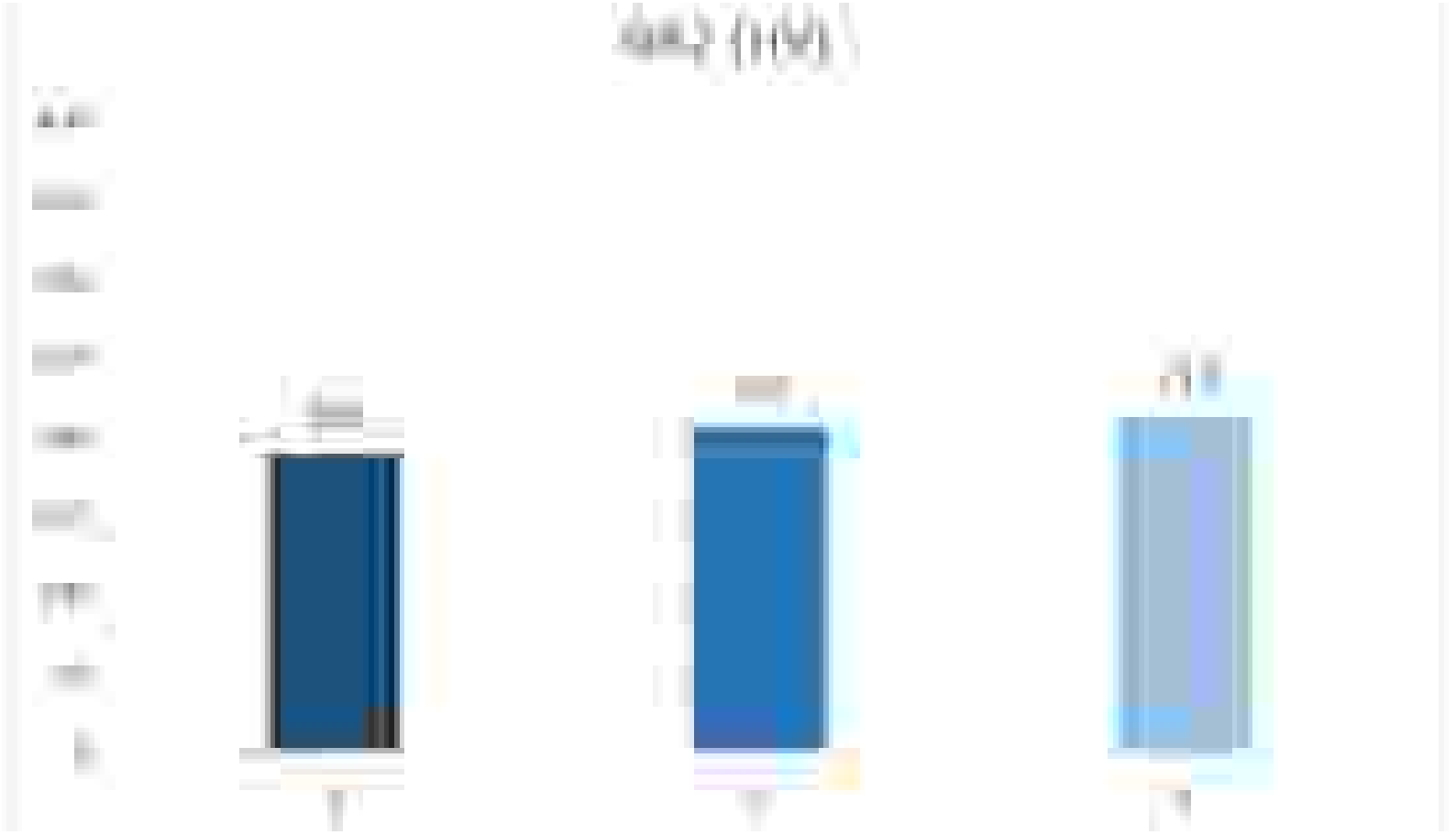


Meranie

ROCKWELL

GR2 (HV)			
Bod	1	2	3
Tvrdosť v (HV)	189	206	213
$\bar{x}$	203		
HV data.	160 - 200		

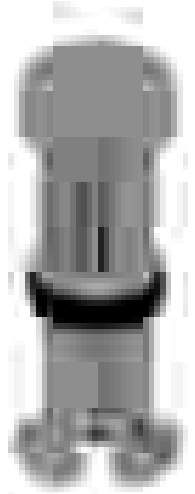


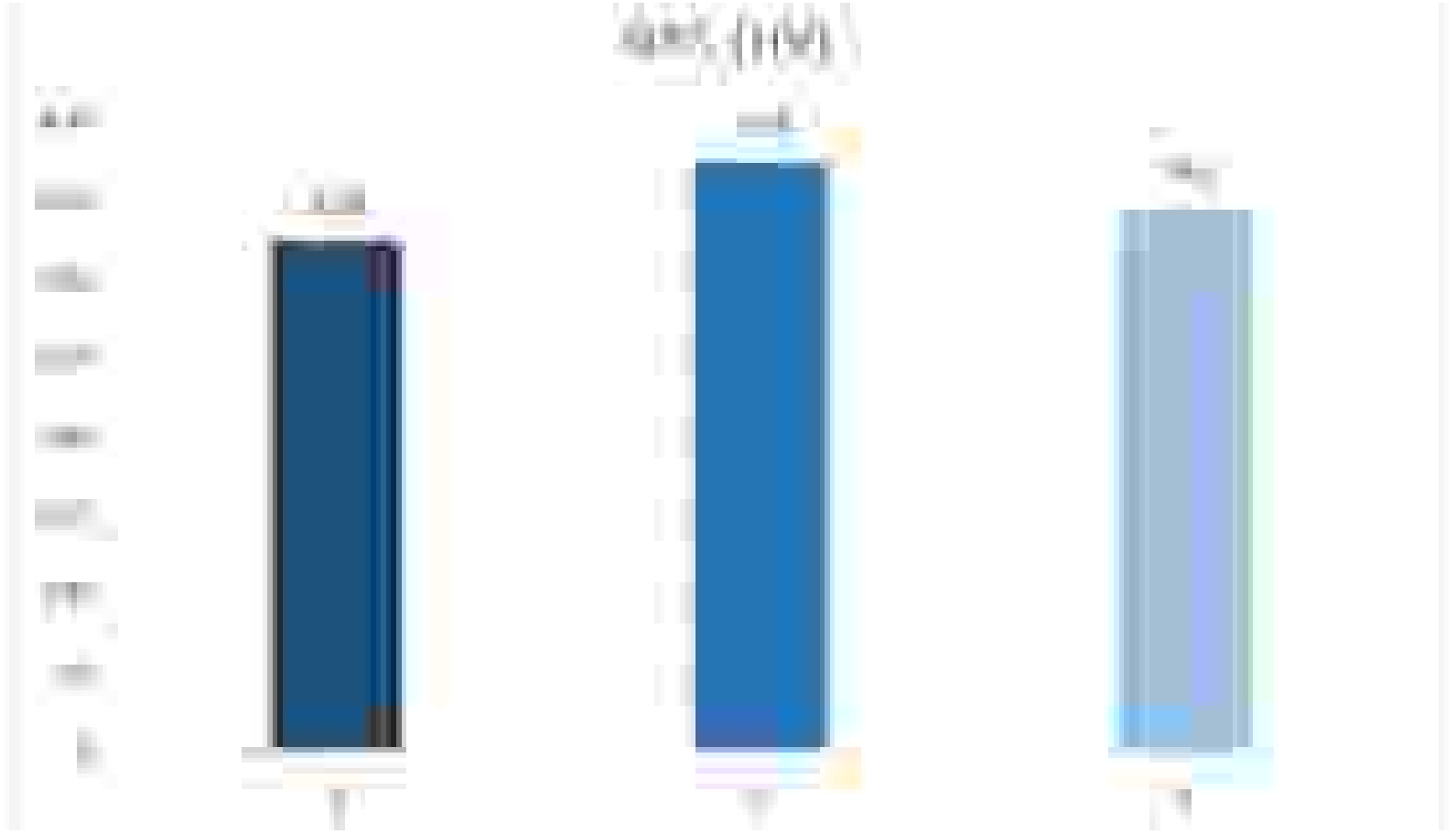


Meranie

ROCKWELL

GR5 (HV)			
Bod	1	2	3
Tvrdosť v (HV)	324	374	343
$\bar{x}$	347		
HV data.	310 - 370		

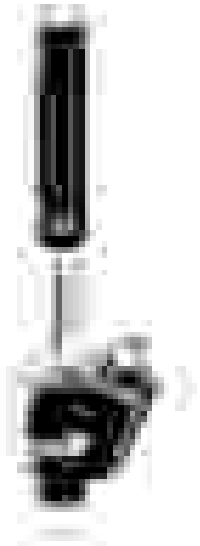


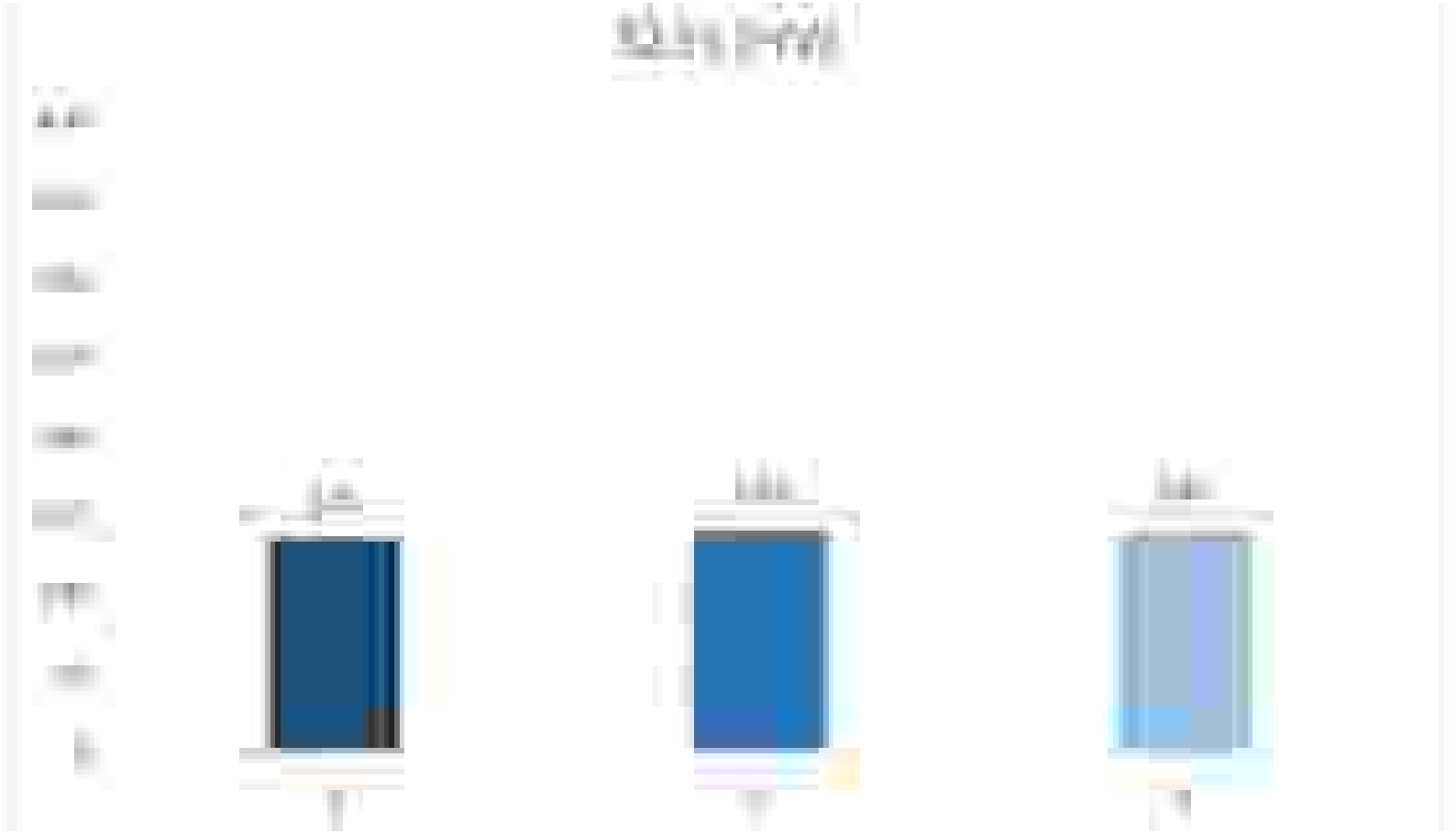


Meranie

LEEB

S235 (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	135	140	141
$\bar{x}$	139		
HV data.	120 - 160		

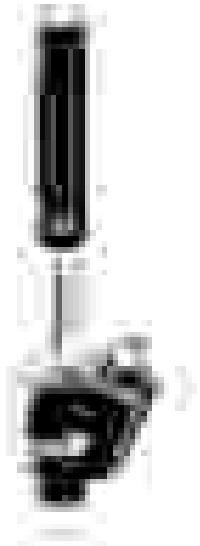




Meranie

LEEB

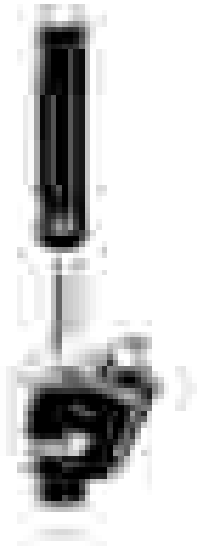
AISI 316L (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	110	119	95
$\bar{x}$	108		
HV data.	150 - 215		

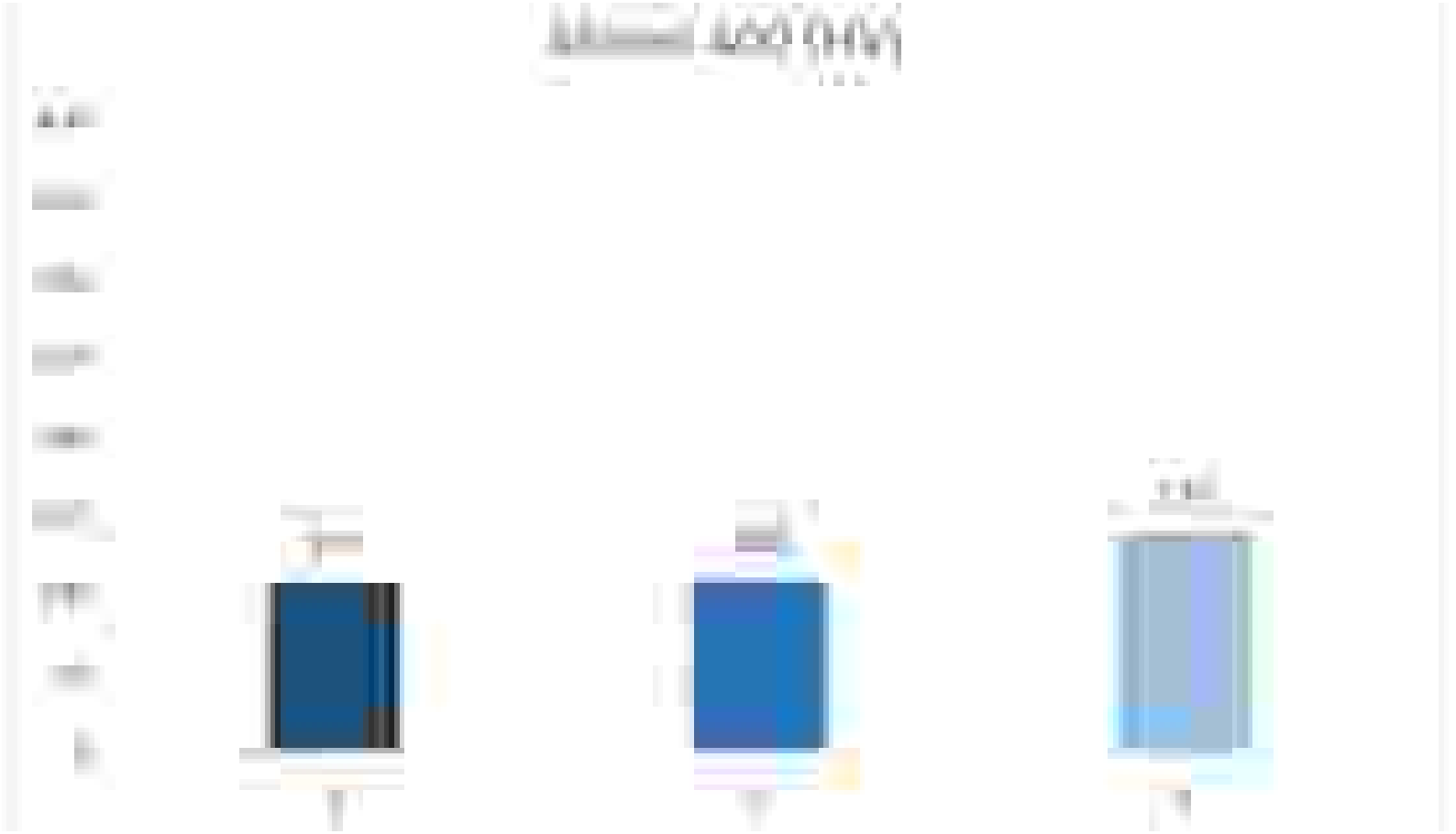


Meranie

LEEB

Monel 400 (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	107	109	139
$\bar{x}$	118		
HV data.	100 - 150		

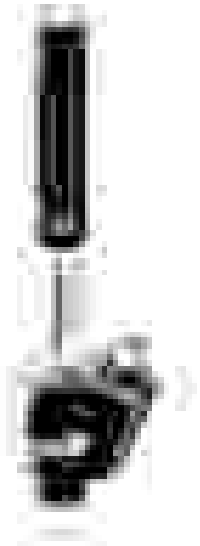


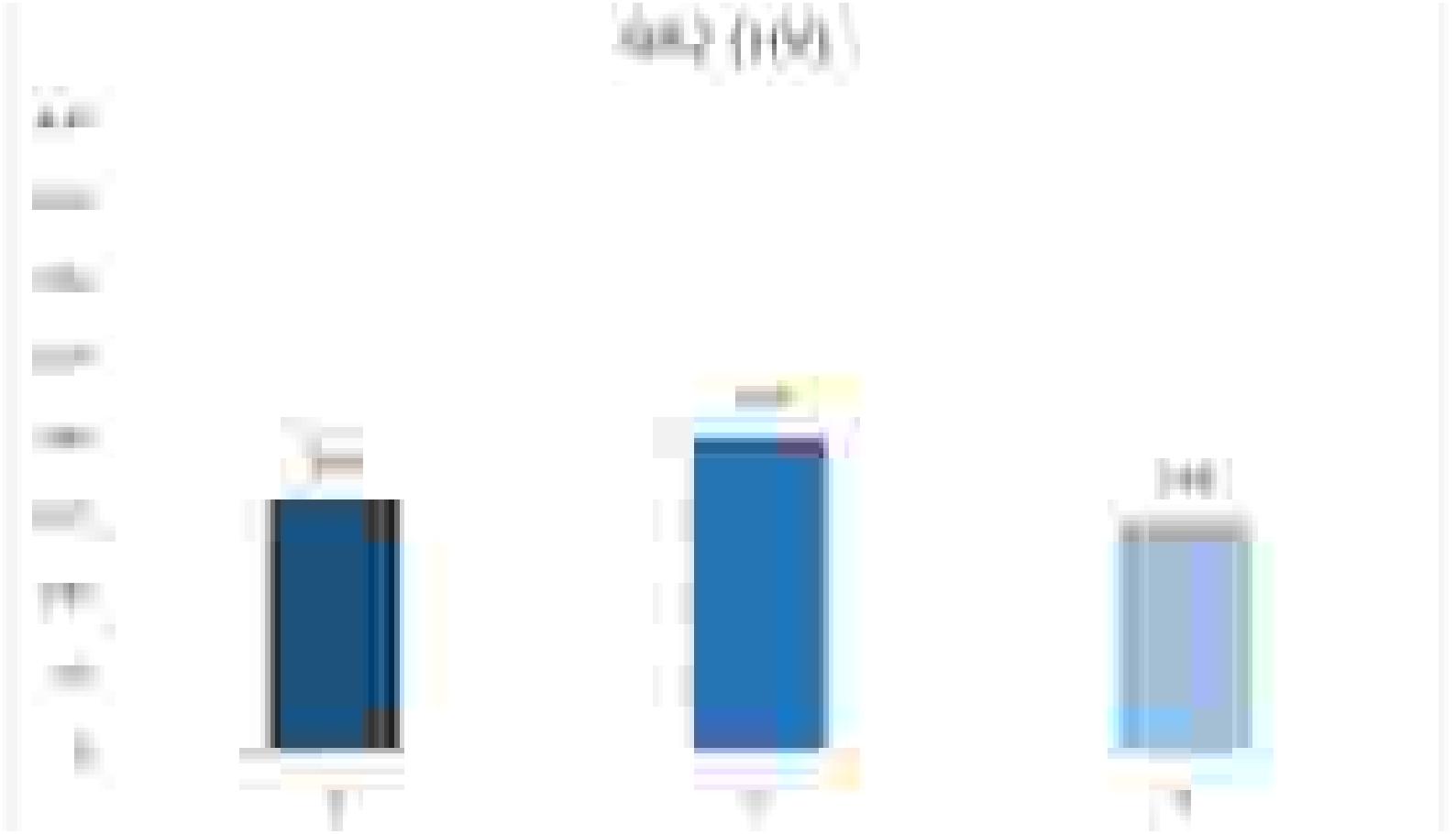


Meranie

LEEB

GR2 (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	160	199	148
$\bar{x}$	169		
HV data.	160 - 200		

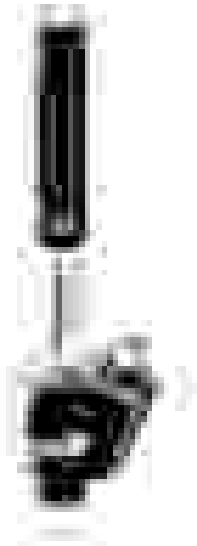


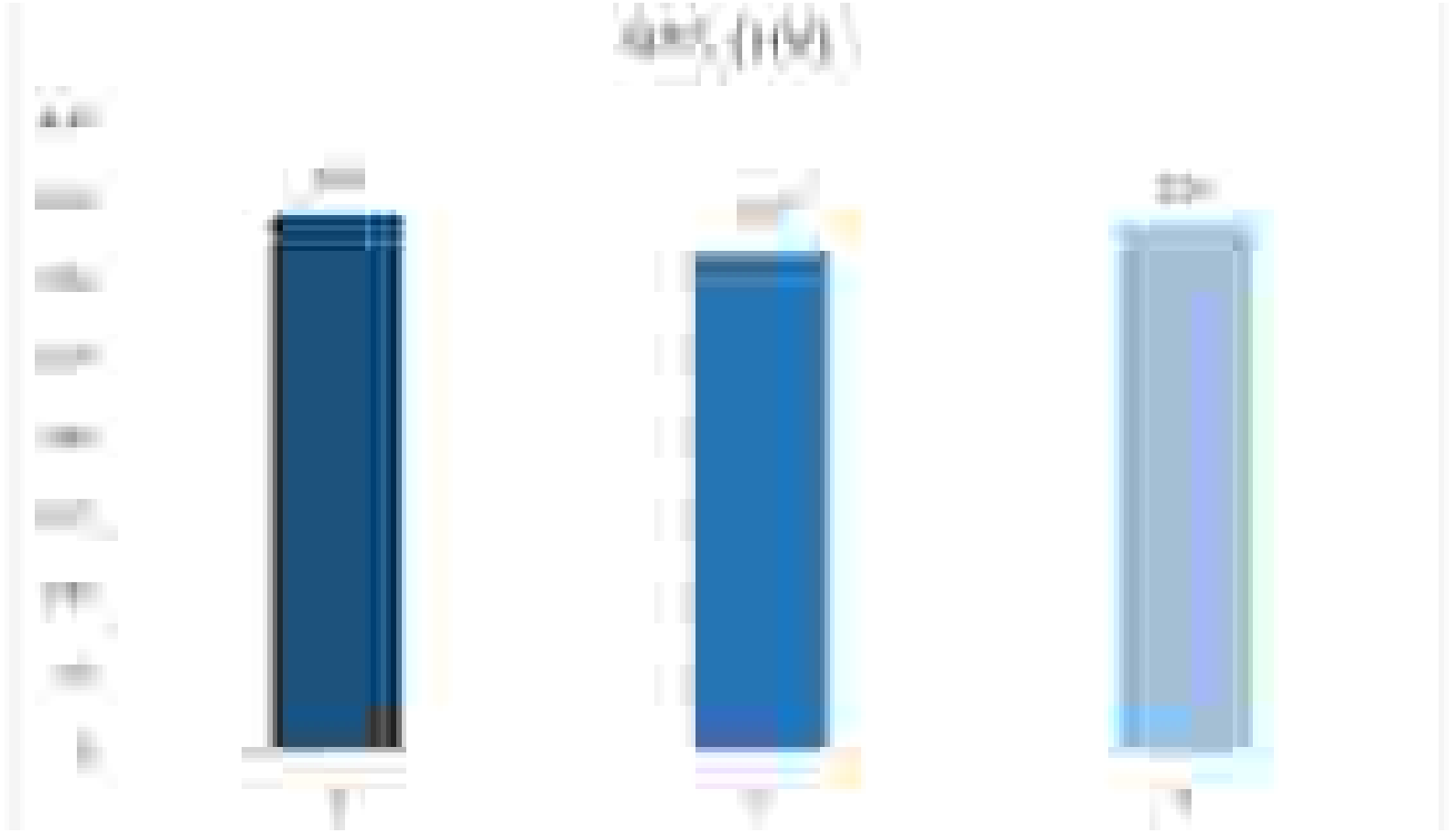


Meranie

LEEB

GR5 (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	341	317	335
$\bar{x}$	331		
HV data.	310 - 370		



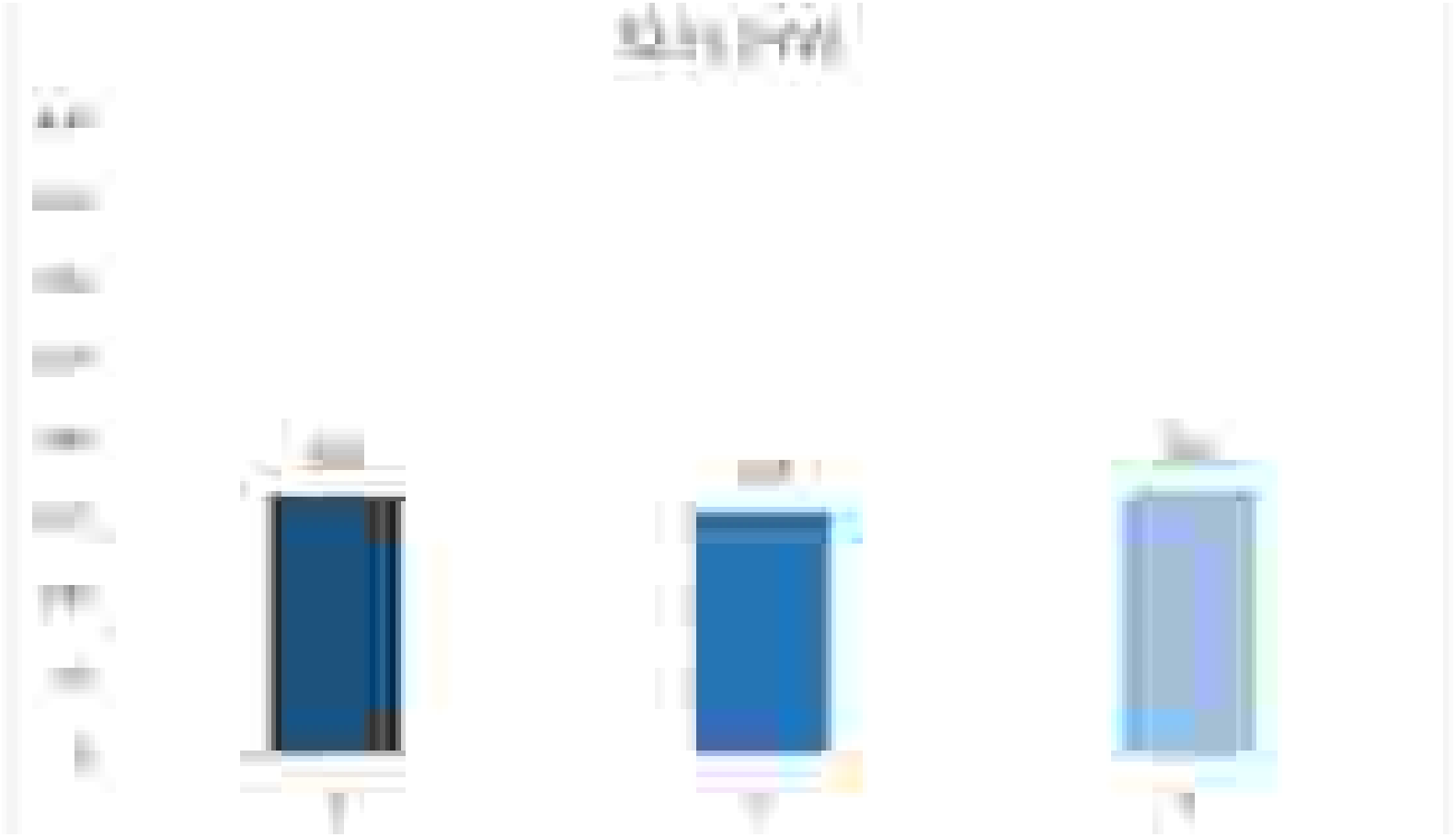


Meranie

UCI

S235 (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	164	154	166
$\bar{x}$	161		
HV data.	120 - 160		



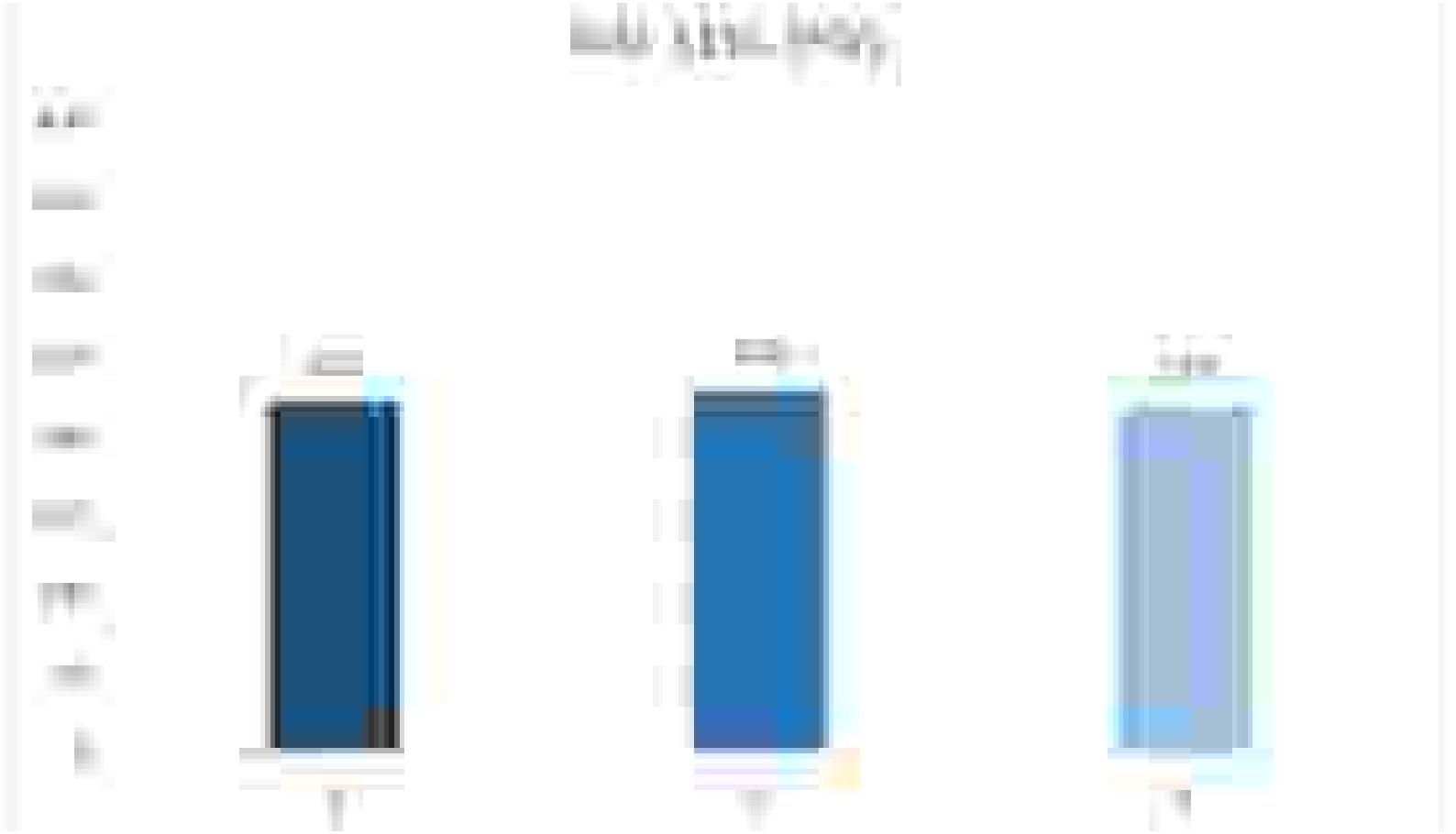


Meranie

UCI

AISI 316L (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	222	230	219
$\bar{x}$	224		
HV data.	150 - 215		



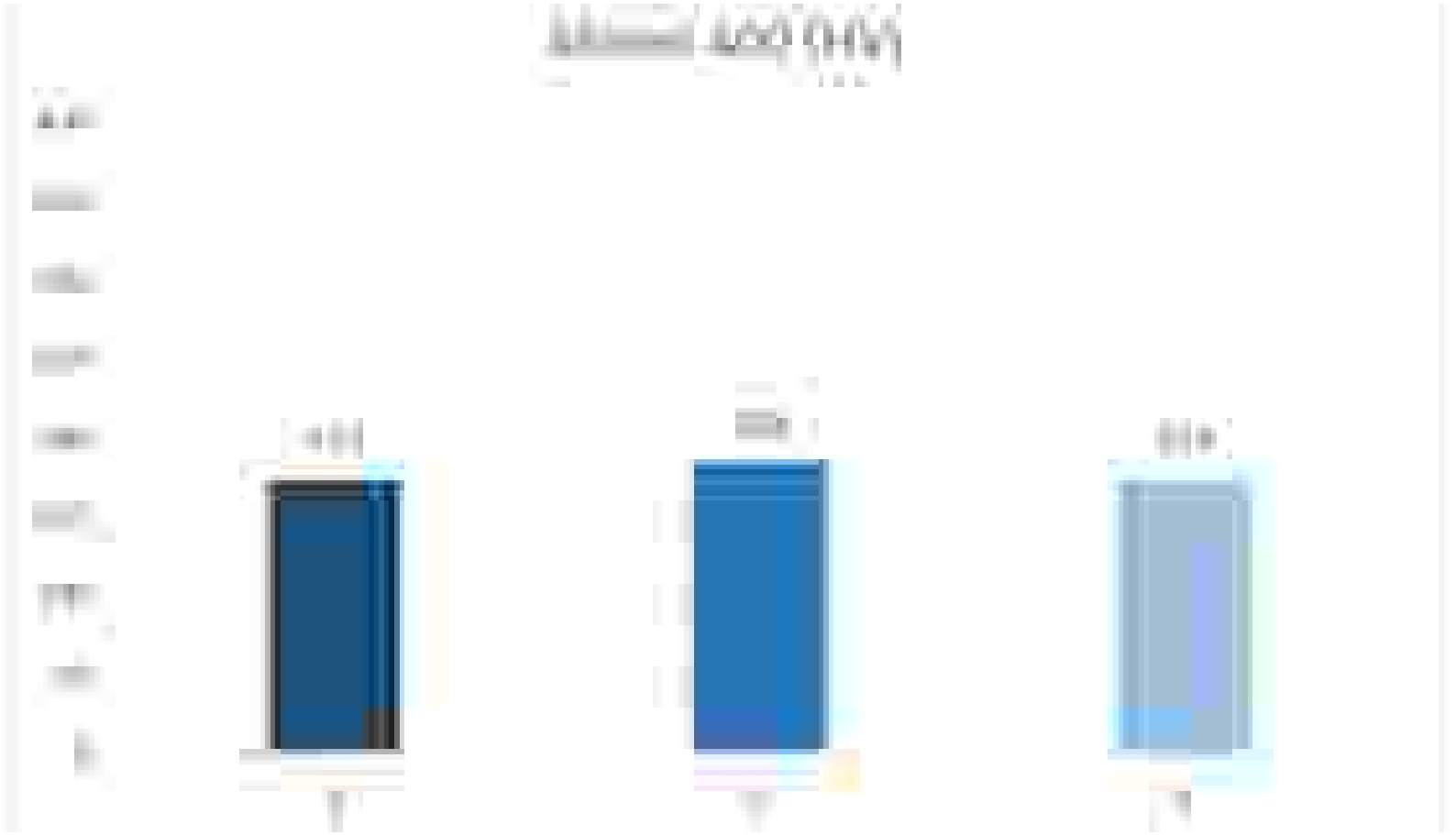


Meranie

UCI

Monel 400 (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	173	184	174
$\bar{x}$	177		
HV data.	100 - 150		



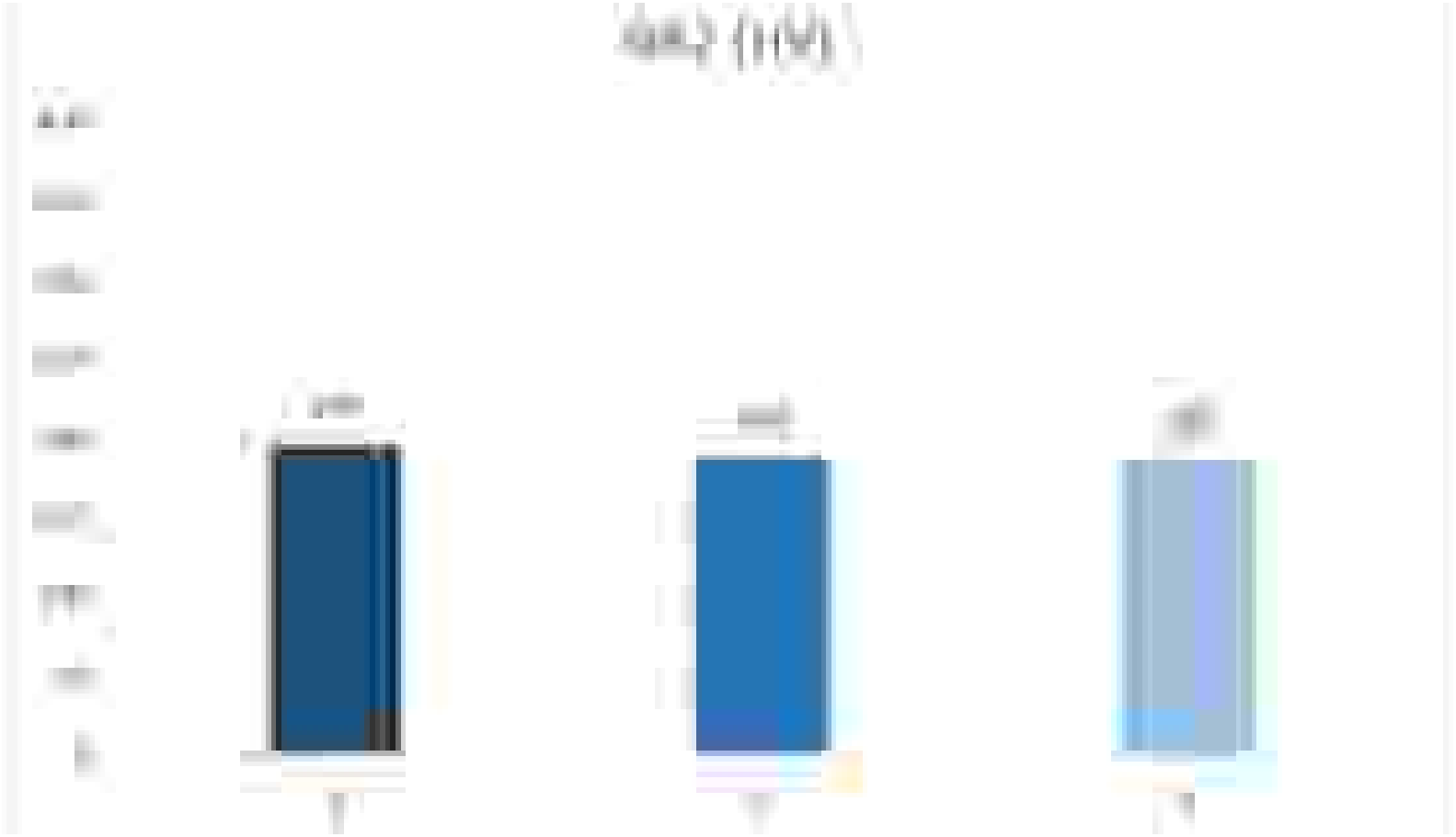


Meranie

UCI

GR2 (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	196	188	187
$\bar{x}$	190		
HV data.	160 - 200		



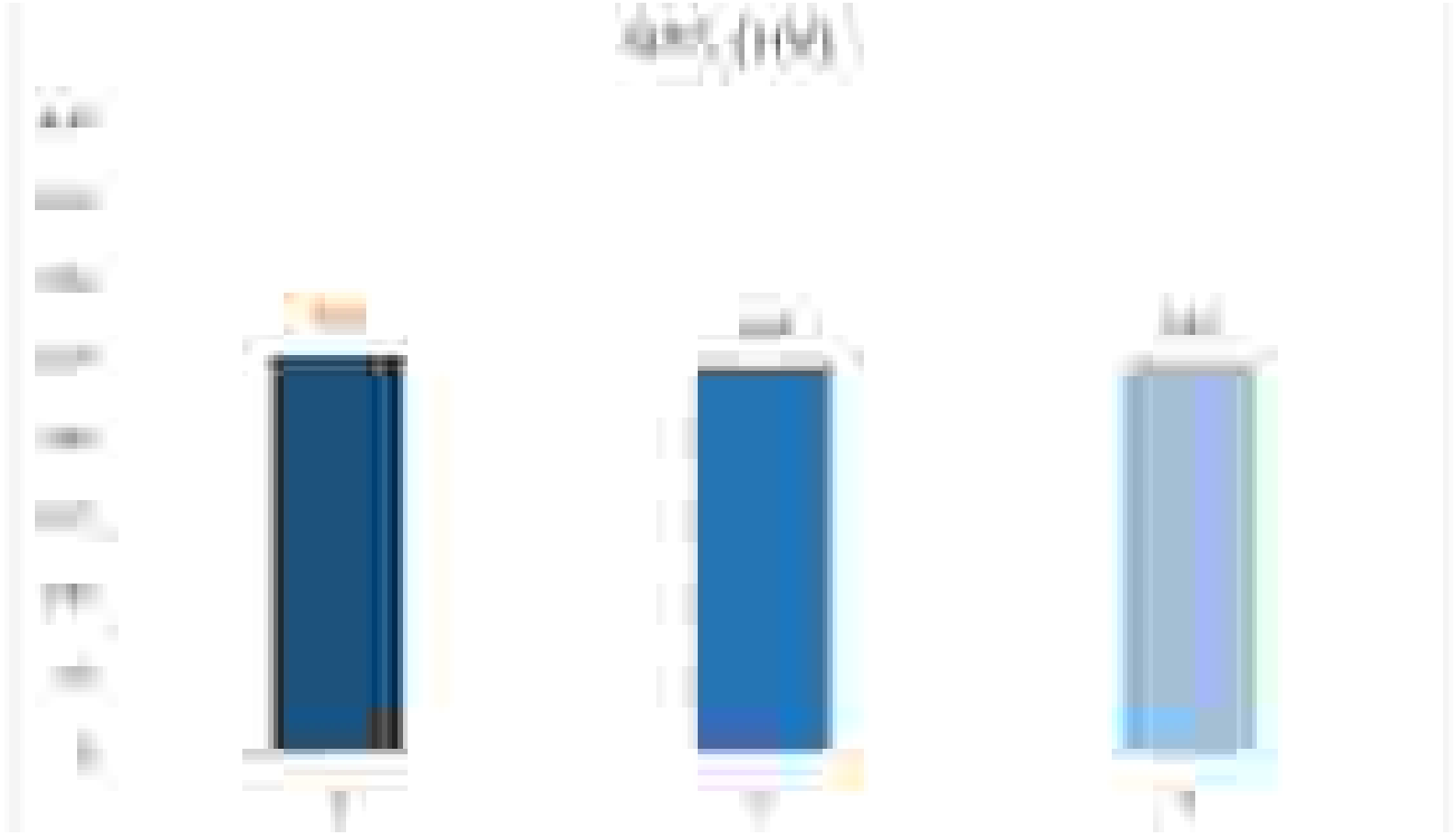


Meranie

UCI

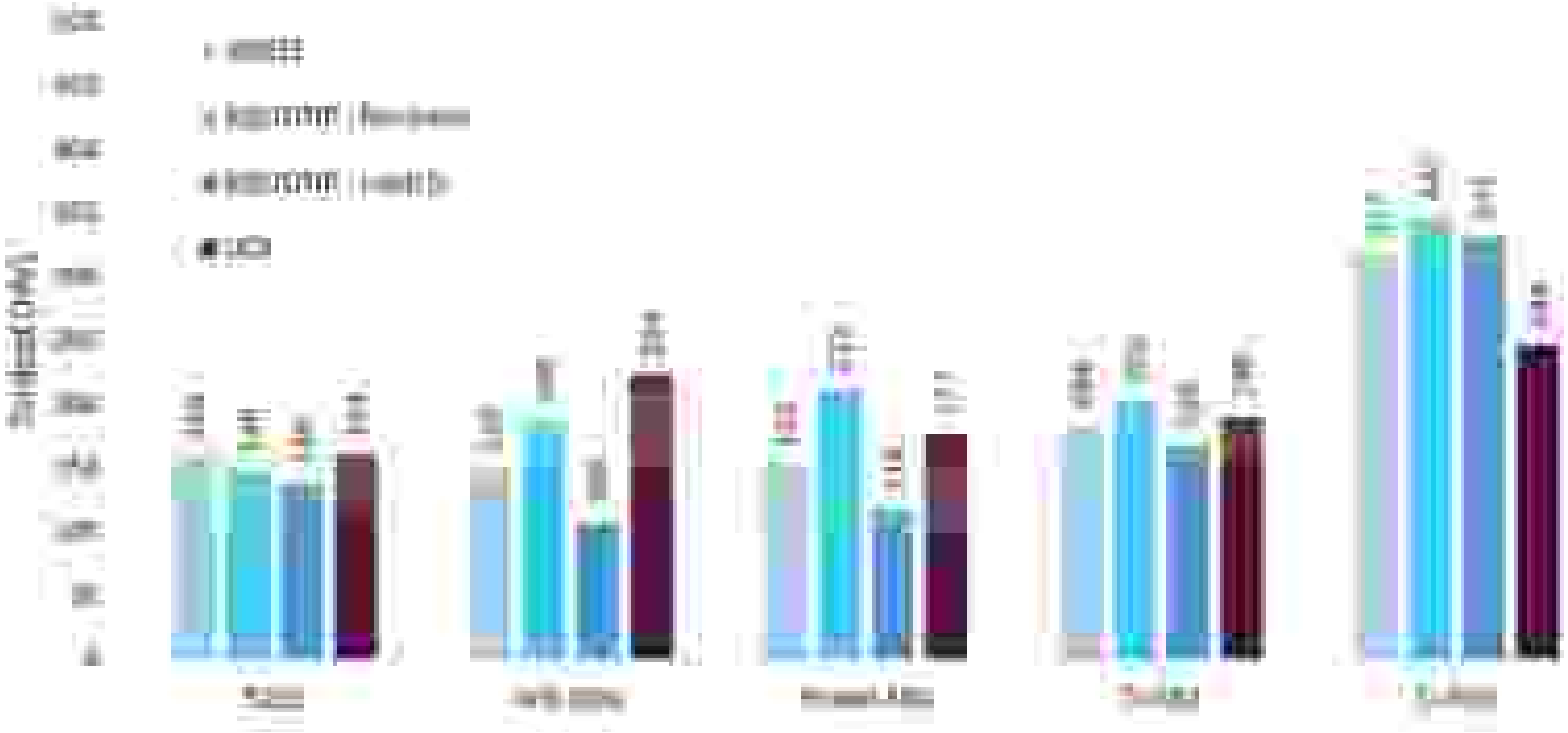
GR5 (HV)			
Bod	**1**	**2**	**3**
Tvrdosť v (HV)	252	244	247
$\bar{x}$	248		
HV data.	310 - 370		





SlovCert

Porovnanie výsledkov



Záver



- Nedeštruktívne meranie tvrdosti komponentov (nezávisle na rozmerových charakteristikách), bez náročnej prípravy vzoriek.
- Vtlačok zanedbateľnej veľkosti v porovnaní s laboratórnym tvrdomerom.
- Bez nutnosti prednostného zadávania rozsahu merania (výberu stupnice tvrdosti) - prístroj automatický vyhodnotí rozsah merania a priradí stupnicu HR.
- Interná pamäť, generovanie protokolov a automatické priemerovanie nameraných hodnôt.
- Dodatočne spracovanie nameraných dát - prevádzanie nameraných hodnôt do ďalších stupníc tvrdosti, úprava grafov, vlastná kustomizácia protokolu.



Poďakovanie



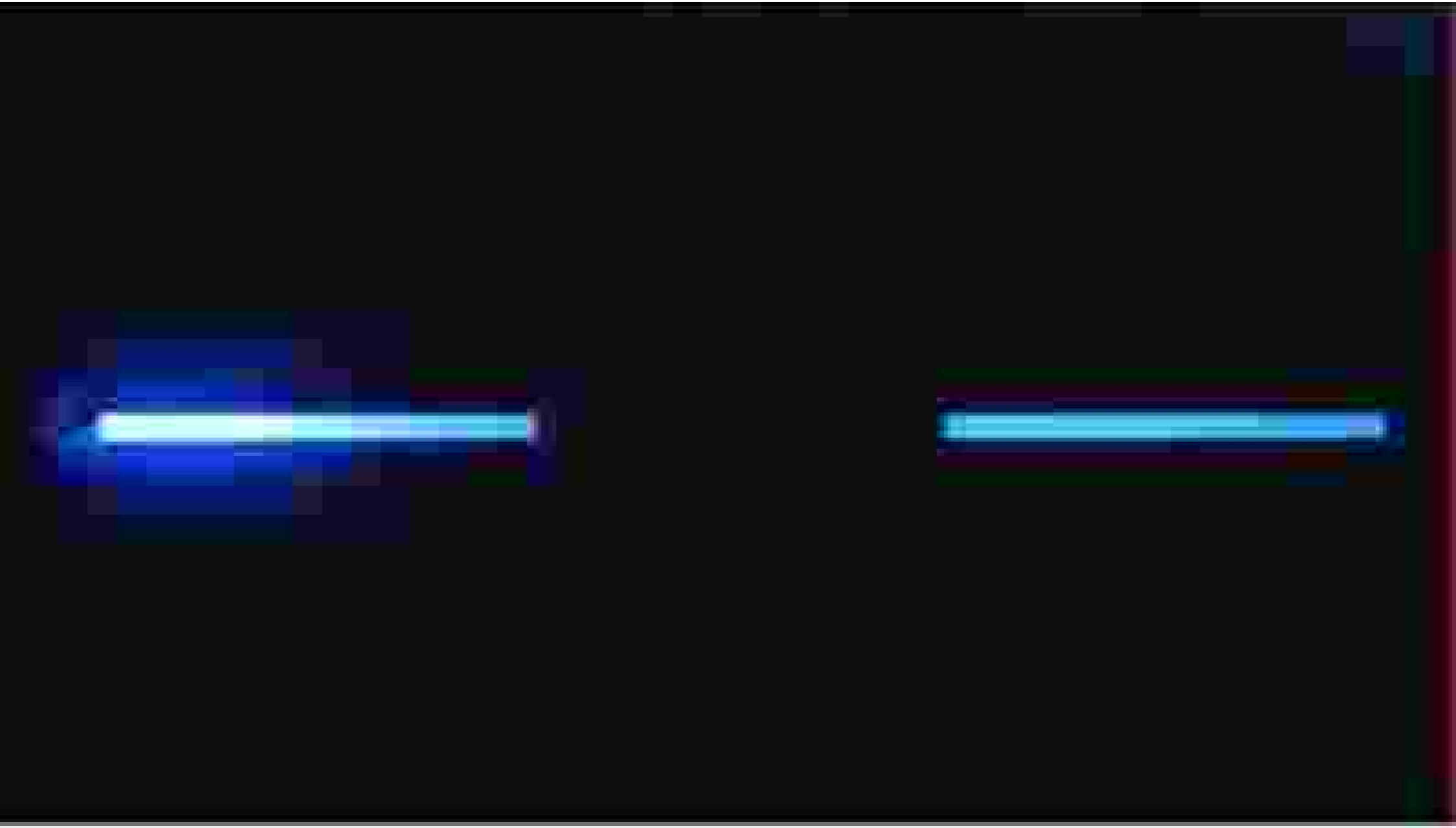
Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-21-0228. Príspevok vznikol v rámci riešenia projektov VEGA 1/0391/22 a KEGA 017TUKE-4/2023. Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Rozvoj excelentných výskumných kapacít v oblasti aditívnych technológií pre Priemysel 21 storočia, kód ITMS: 313011BWN5, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Ďakujem za pozornosť

Ivan Opatt SlovCert s.r.o. Podunajská 36, 821 07 Bratislava **Mobil:** +421 903 232 527, **mail:** opatt@slovcert.sk **web:** www.slovcert.sk
Matúš Geľatko, Radoslav Vandžura, František Botko, Michal Hatala, Svetlana Radchenko
Fakulta výrobných technológií Technickej univerzity v Košiciach so sídlom v Prešove



Fortis 270-500



Fortis 270-500

– Nástupca 3-fázovej série TransSteel (Pulse) 2700 – 5000 ,**TransSteel 2200 zostáva k dispozícii**

– Výkonnostné triedy Fortis 270, 320, 400, 500

– Nový podávač drôtu WF25s 4R/FSC/GW s voliteľnou riadiacou jednotkou



Fortis product family



Compact

270 | 320 | 400 | 500



Split

320 | 400 | 500



Duo

320 | 400 | 500

Fortis 270-500

Systémové Varianty



All-in-One

Kompaktné zváracie systémy do 500A zaisťujú mobilitu a flexibilitu

Power categories: 270 – 500A
Cooling: gas-cooled (270-500A) or water-cooled (320-500A)



Split

Externý podávač drôtu je navrhnutý tak, aby mal široký rozsah pôsobenia

Power categories: 320 – 500A
Cooling: gas- or water-cooled



Duo

Kompaktný systém s externým podávačom drôtu umožňuje zváranie dvoch rôznych druhov materiálov alebo priemerov jedným zariadením

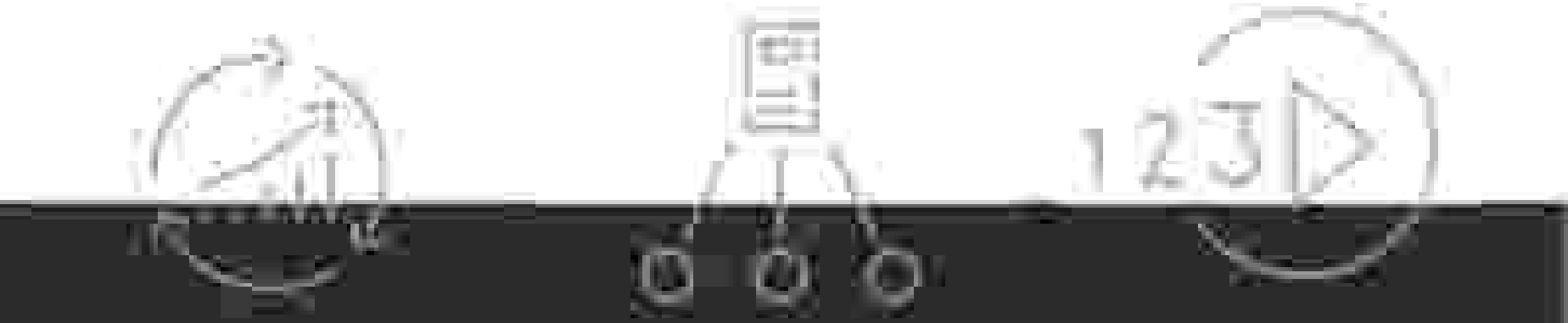
Power categories: 320 – 500A
Cooling: gas- or water-cooled

Určený pre

- Ručné zváranie
- Všeobecný priemysel
- Stavebníctvo
- Oprava, montáž, údržba
- Kovovýrobu
- Atď .....



Special aspects of the Fortis I



Spoľahlivý a výkonný

Fortis sa zameriava na solídny zvárací výkon. Vďaka vynikajúcim zapaľovacím charakteristikám a stabilnému oblúku je možné pokryť širokú škálu aplikácií.

MultiProcess

MIG/MAG, TIG alebo MMA: séria kompaktných zariadení Fortis pokrýva všetky bežné zváracie procesy.

Jednoduchá obsluha

Napriek rozšírenej ponuke funkcií je ovládanie Fortisu ešte jednoduchšie a intuitívnejšie. Kombinácia displeja s 3 otočnými tlačidlami zabezpecuje jednoduché ovladanie.

Special aspects of the Fortis II



Užívateľské rozhranie

Vďaka digitálnemu Grafickému prehľadnému používateľskému rozhraniu majú naši zákazníci vždy prehľad o najdôležitejších zváracích parametroch.

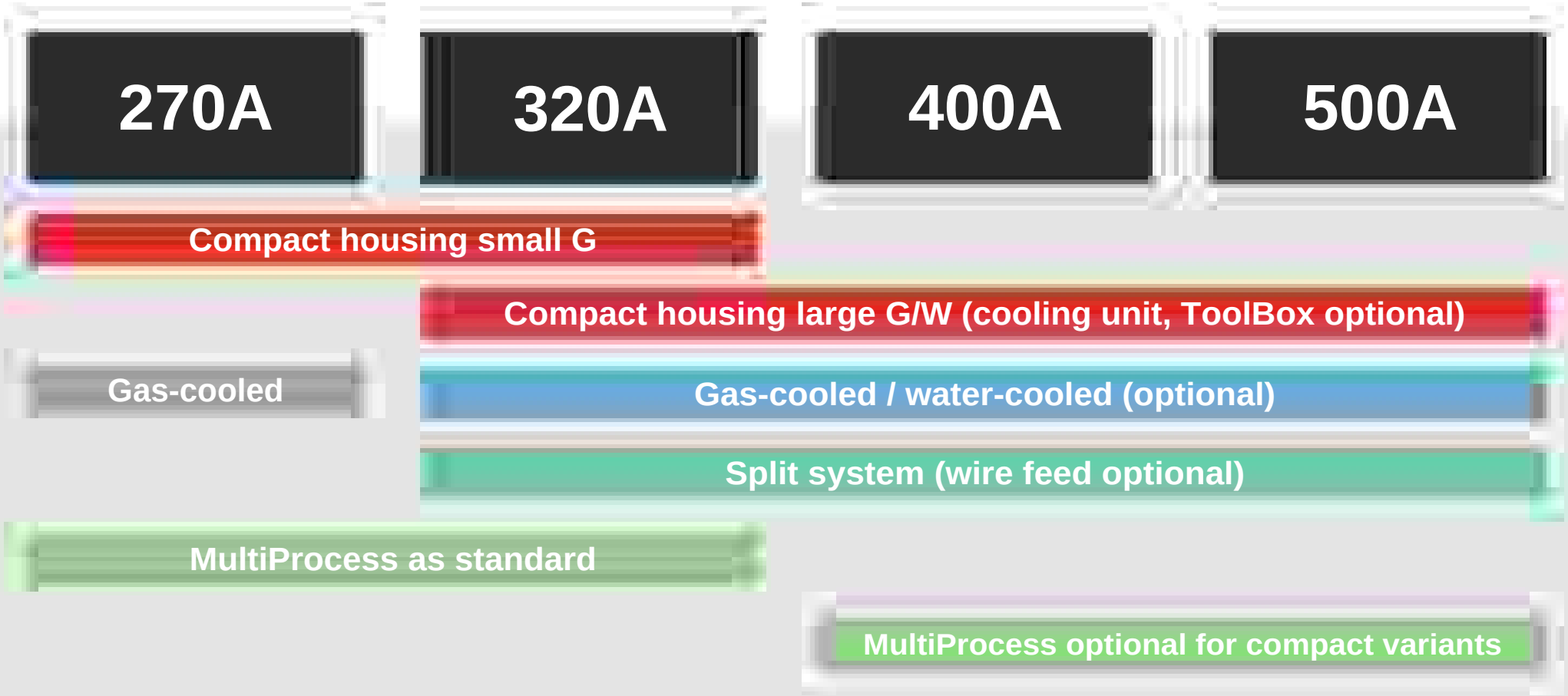
Zváranie spája

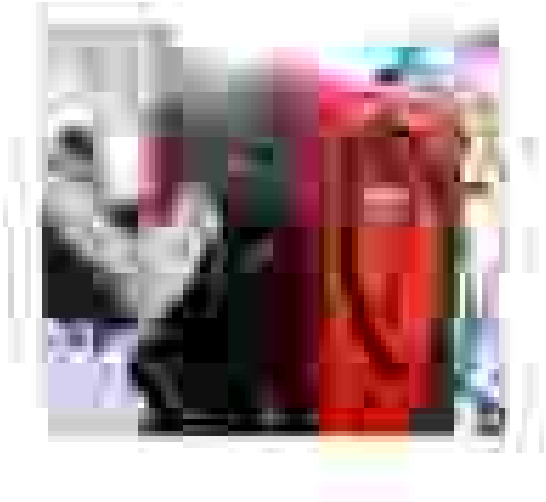
Fortis je integrovaný do prostredia softvérových nástrojov – s pripojením k WeldCube Air a WeldCube Premium. K dispozícii je aj aplikácia WeldConnect, Vizor Connect a diaľkové ovládače BT.

Udržatelnosť

Pri vývoji Fortisu sme dbali na použitie recyklovateľných materiálov. Jednoduchá servisovateľnosť prispieva k dlhej životnosti.

Fortis variants





Fortis All-in-One

All-in-One

Kompaktná inštalácia systému, množstvo možností.

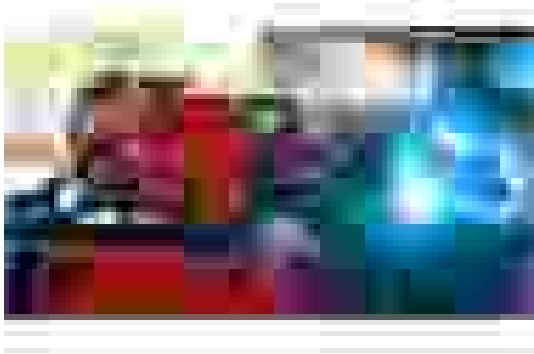


- Kompaktné zváracie zdroje vo všetkých výkonových kategóriách (270/320/400/500 A)
- Vodné chladenie (voliteľné) je integrované v kryte (320/400/500 A)
- Pre verzie chladené plynom (od 320 A) je možná voliteľná inštalácia skrinky na náradie
- Od výkonovej triedy 320 A je možná kombinácia s externým podávačom drôtu WF 25s
- Úspora miesta a flexibilita - ideálny zvárací sdroj na mobilné použitie
- Veľký akčný rádius je zabezpečený so zváracími horákmi až do 6 m



Split setup

Externý podávač drôtu, veľký akčný rádius.



Fortis Split

- Zváracie zdroje vo výkonových kategóriách 320/400/500 A
- Voliteľné vodné chladenie integrované v kryte
- Voliteľná inštalácia skrinky na náradie je možná pre verzie chladené plynom
- Ovládacia jednotka s fulltextovým displejom v podávači drôtu ako opcia
- Rôzne možnosti umiestnenia podávača drôtu WF25s (TU Move Pro, Trabant)
- Veľký akčný rádius zabezpečený pripojovacími hadicovými zväzkami až do 20 m

Fortis Duo new





– Kompaktný zvárací stroj (320 – 500 A) je skombinovaný s prídavným externým podávačom drôtu

– Diaľkové ovládanie je možné použiť aj v režime duo.

– Výhody:

-- Maximálna flexibilita pre často sa meniace aplikácie

-- Možnosť zvárania dvoch rôznych materiálov alebo priemerov drôtov

-- Rýchla zmena procesu možná jedným ovládacím krokom pomocou tlačidla horáka (nie je potrebná výmena horáka)

-- 2 v 1 znamená menej miesta a nižšie obstarávacie náklady

Cieľová skupina: Malé a stredné podniky s rôznymi aplikáciami, montážou, údržbou a opravami

Používateľské rozhranie

- Jednoduché ovládanie
- 7“ display
- 3 otočné prvky
  - 1x hlavný parameter
  - 2x úprava parametrov
- Stavové Led



Ovládací panel

How-To-Video

Menu

Information

Stlačením 2 sec:
uzamknutie

Zavedenie drôtu

Test plynu

Stavové LED



EasyJobs

Krátke stlačenie:
vyvolanie
2 sec: ulož
4 sec: vymaž

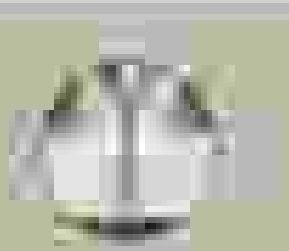
3 otočné tlačidlá

otočenie: rolovanie, stlačenie: výber, stlačenie na 2 sekundy: funkcia/parameter

Prehľad Charakteristík

Pulz

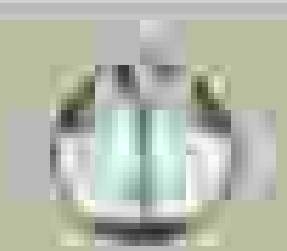
Skrat



Universal

Táto vlastnosť je univerzálne použiteľná.

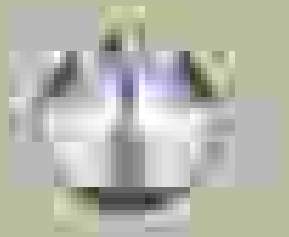
Môže sa použiť pre väčšinu zvarov bez ohľadu na tvar zvaru alebo polohu zvárania..



Dynamic

Agresívny oblúk s vysokým tlakom a nízkou výškou oblúka.

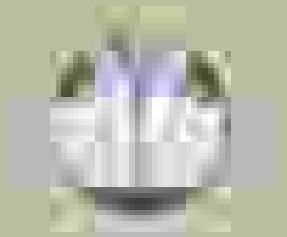
Ideálne pre úzke zvarové švy s malými uhlami otvorenia a pre aplikácie, kde sú potrebné vysoké rýchlosti zvárania a veľké hĺbky privarenia.



Root

Charakteristiky zvárania koreňov.

Výkonný oblúk s dobrou schopnosťou premosťovať medzery umožňuje jednoduché zváranie koreňa vo všetkých zváracích polohách.



Pulse-Controlled-Sprayarc (PCS)

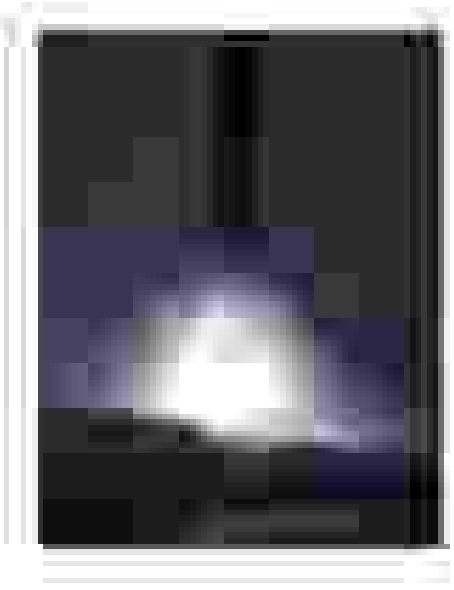
PCS kombinuje výhody pulzného a sprchového oblúka v jednej charakteristickej krivke a zabraňuje prechodovému oblúku.

Výsledkom je plynulý prechod z pulzného oblúka na sprchový oblúk, čo znižuje rozstrek pri zváraní.



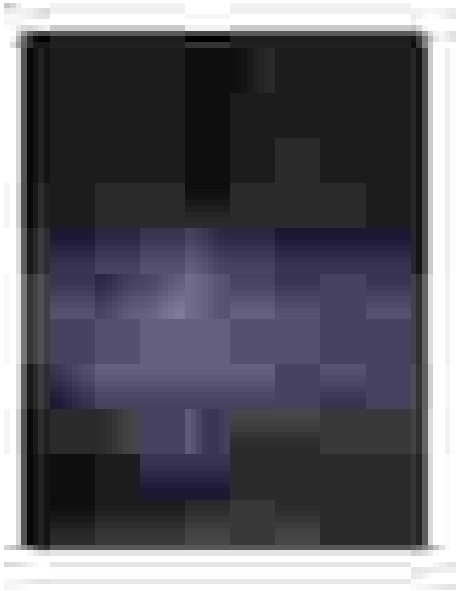
Krátky skratový oblúk

- Ľahko ovládateľný oblúk
- Tenké plechy a koreňové zvary, vertikálne zvary, pre obmedzené polohy a polohové zvary
- Nízky rozstrek, príkon tepla a rýchlosť odtavenia



Sprchový oblúk

- Stredne hrubé/hrubé plechy (PA, PB)
- Mále rozstrekovanie
- Možnosť plochých spojov
- Vysoký výkon nanášania
- Hlboká penetrácia
- Vyžadujú sa vysoké prúdové sily



Pulzný oblúk

- Kontrolovaný prenos materiálu
- Široká škála aplikácií
- Málo rozstreku
- Možné aj väčšie priemery drôtov

Fortis

MIG/MAG zváranie so všetkými typmi oblúkov



„Wizard“ – sprievodca nastaveniami parametrov

Meniace sa požiadavky?
Rôzne materiály?
Rôzne hrúbky plechov?
Nedostatok skúseností?



– Pomocou „Wizard“ sprievodcu parametrami zvárania je možné parametre presne prispôsobiť príslušným požiadavkám .

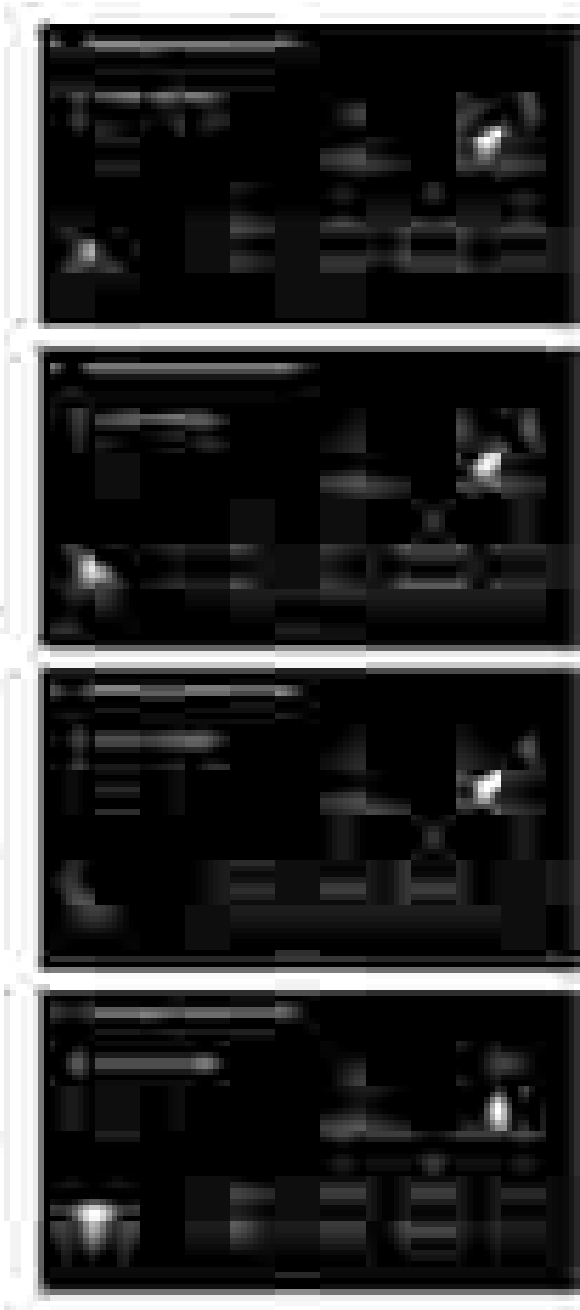
– Zvárač môže v niekoľkých krokoch rýchlo nastaviť vhodné parametre pre zváranie.

– Samovysvetľujúca grafika priamo na obrazovke uľahčuje pochopenie nastavení, takže aj zložité úlohy je možné vyriešiť bez problémov.

– To znižuje počet chýb a opráv a vedie k zvýšeniu efektivity a kvality.

„Wizard“ –sprievodca nastaveniami parametrov

	Steel	CrNi	Aluminum
T-joint	SL_a3 - ML_a13	SL_a3 - ML_a13	SL sheet metal thickness 2-10mm
Lap-joint	sheet metal thickness 1,5mm_SL – sheet metal thickness 20mm_ML	sheet metal thickness 1,5mm_SL – sheet metal thickness 15mm_ML	SL sheet metal thickness 2-10mm
I-joint	SL sheet metal thickness 1,5mm - 4mm	-	-
Y-joint	ML sheet metal thickness 5mm-15mm	-	-
V-joint	ML sheet metal thickness 5mm-15mm	-	-



SL = Single Layer; ML = Multi Layer

„Wizard“ –sprievodca nastaveniami parametrov

krok 1-3



Krok 1

Určenie zvaru
Výplňová vrstva
Krycia vrstva

Krok 2

Určenie polohy:
– PA
– PB
– PC
– ...

Krok 3

Určenie geometrie švu
Hrúbka materiálu
Rozmer A
Medzera

„Wizard“ –sprievodca nastaveniami parametrov|

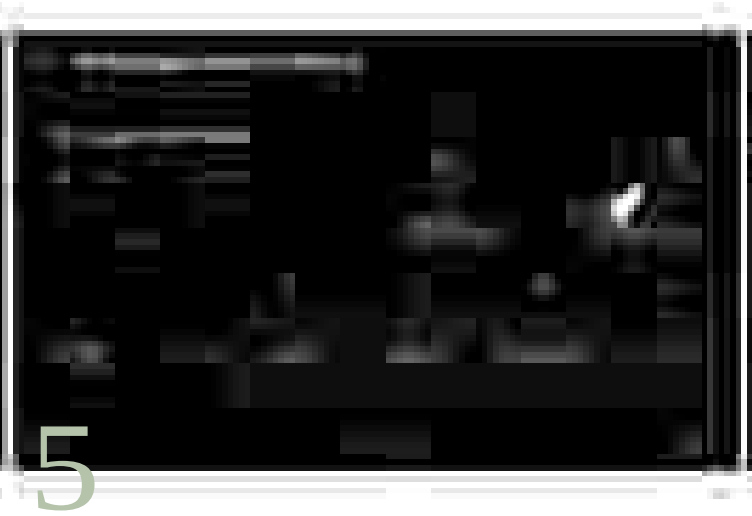
krok 4-6



4

Krok 4

Ponuka optimálnych parametrov zvárania a rychlosti zvárania



5

Krok 5

Zobrazí sa prehľad jednotlivých zvarových vrstiev.
Pre viacero vrstiev sa odporúča uložiť odporúčania parametrov priamo ako zvárací Job



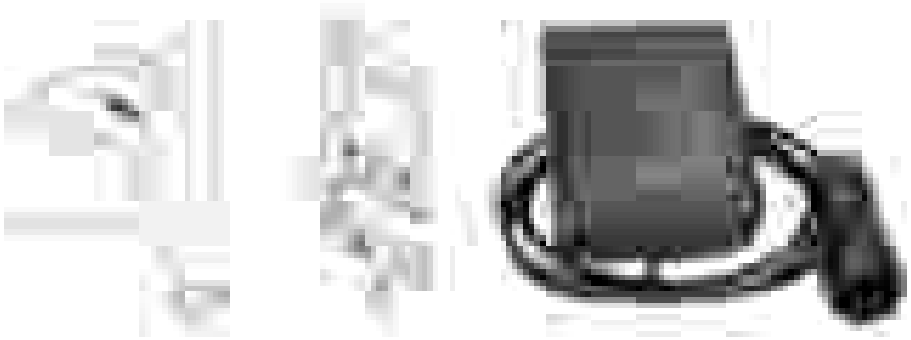
6

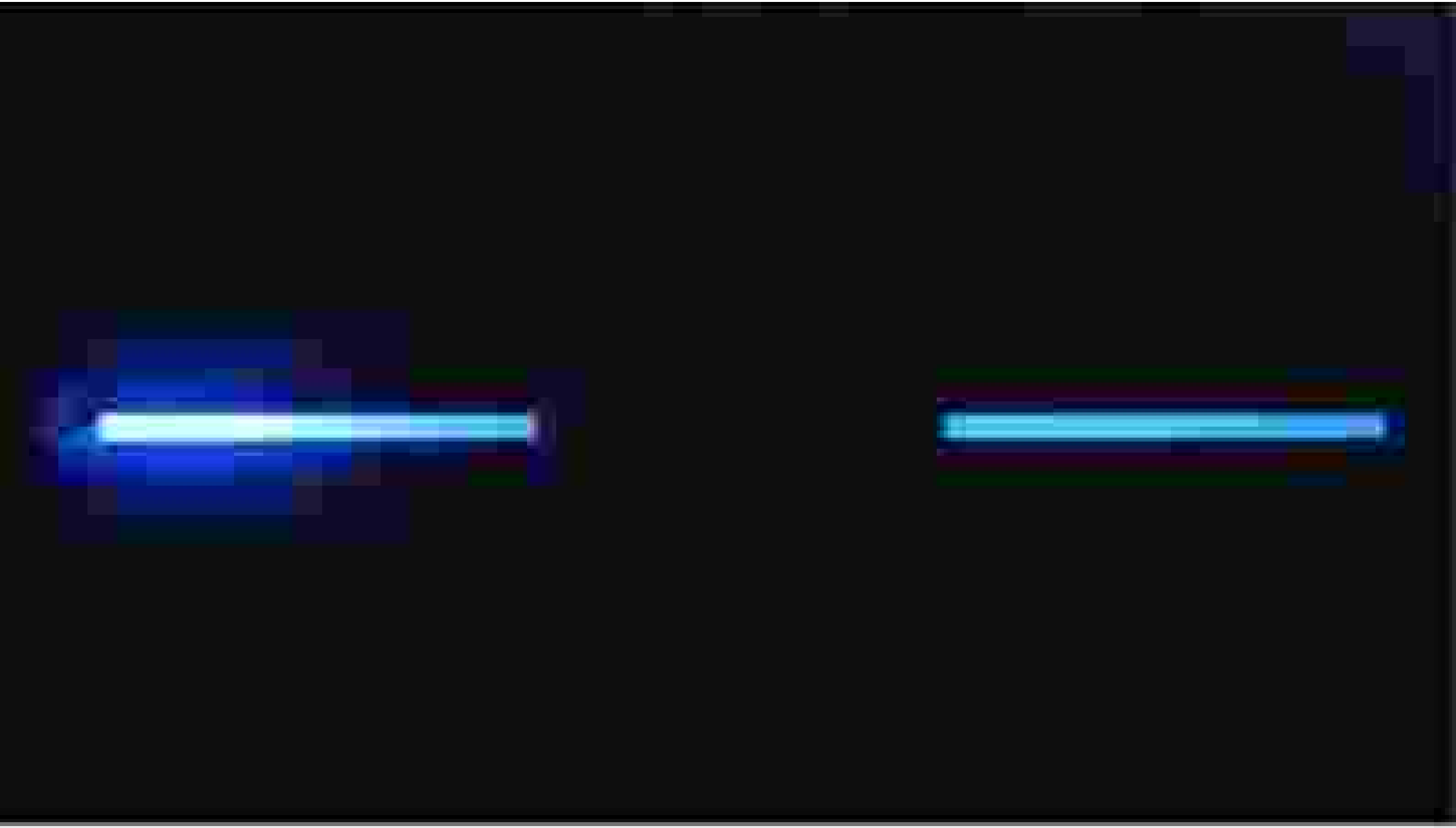
Krok 6

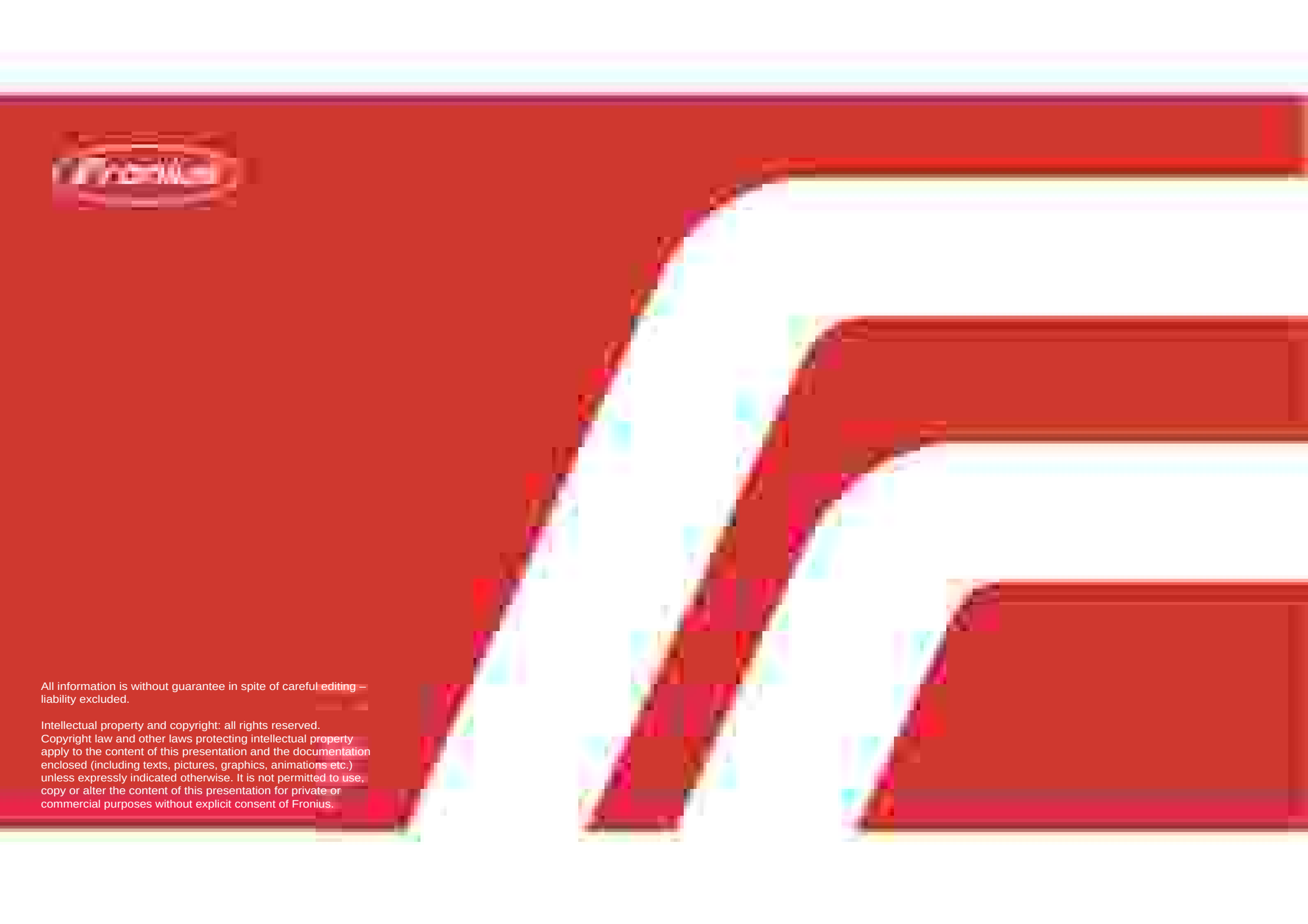
Optimálne parametre zvárania pre konkrétny zvar sú nastavené a zváranie môže začať.

OPT/s NFC-čítačka

- Nevyhnutné na používanie UserManagement a WeldCube Navigator
- Jednoduché uzamknutie a odomknutie používateľského rozhrania
- Každý používateľ má prístup iba k povoleným funkciám
- kombinovať s možnosťou Custom NFC







All information is without guarantee in spite of careful editing – liability excluded.

Intellectual property and copyright: all rights reserved. Copyright law and other laws protecting intellectual property apply to the content of this presentation and the documentation enclosed (including texts, pictures, graphics, animations etc.) unless expressly indicated otherwise. It is not permitted to use, copy or alter the content of this presentation for private or commercial purposes without explicit consent of Fronius.

Využitie technológie PTA pri výrobe funkčných povrchov

Viňáš Ján[1], Janette Brezinová[2], Brezina Jakub[1]

[1]Katedra technológií, materiálov a počítačovej podpory výroby, Strojnícka fakulta,
Technická univerzita v Košiciach, Mäsiarska 74, 040 01 Košice
[2]Katedra automobilovej výroby, Strojnícka fakulta,
Technická univerzita v Košiciach, Mäsiarska 74, 040 01 Košice

Abstrakt

Príspevok prezentuje výsledky výskumu zameraného na možnosti tvorby funkčných vrstiev pomocou technológie plazmového navárania práškov (PTA - Plasma Transferred Arc). Cieľom výskumu bolo overiť možnosti aplikácie troch typov prídavných materiálov vo forme práškov s cieľom zvýšiť odolnosť funkčných povrchov voči abrazívnemu opotrebeniu. Plazmové návary boli realizované ako jednovrstvové. Tribologické vlastnosti novovytvorených vrstiev voči referenčnému materiálu Hardox 500 boli overené pomocou laboratórnych skúšok na zariadení APGi. Na základe výsledkov skúšok boli definované jednotlivé odporúčania pre tvorbu vrstiev metódou PTA.

Kľúčové slová: plazma, vrstva, tribológia, abrázia, kvalita

Úvod

V podmienkach baníckeho a hutníckeho priemyslu patria k najviac namáhaným prvkom rôzne typy pracovných nástrojov a mechanických súčiastok, ktoré sú v priamej interakcii s horninami. Typickým príkladom sú čepele zubov rýpadiel, drvičov alebo hutníckych manipulátorov, kde sa spája vysoké dynamické zaťaženie s intenzívnym abrazívnym opotrebením. Životnosť takýchto súčiastok je limitovaná predovšetkým degradáciou povrchovej vrstvy, pričom základný materiál konštrukcie ostáva vo väčšine prípadov stále funkčný. V tejto súvislosti predstavuje ekonomicky aj ekologicky výhodné riešenie aplikácia obnovovacích a ochranných povlakov prostredníctvom progresívnych metód zvárania a navárania [1,2].

Jednou z technológií, ktorá sa v posledných desaťročiach čoraz výraznejšie presadzuje, je plazmové naváranie metódou PTA (Plasma Transferred Arc). V porovnaní s konvenčnými procesmi navárania prináša PTA významné výhody v oblasti presnosti, stability procesu a výslednej kvality naneseného povlaku. Podstatou tejto metódy je využitie plazmového oblúka ako zdroja tepelnej energie, pričom prídavný materiál vo forme prášku, je priamo privádzaný do plazmového lúča a

následne tavený na povrchu základného materiálu. Výsledkom je metalurgicky prepojená vrstva s vysokou čistotou, homogénnou štruktúrou a minimálnym miešaním so základom [3,4].

Pre aplikácie v baníckom a hutníckom priemysle má táto technológia niekoľko zásadných benefitov. Predovšetkým umožňuje nanášať vrstvy tvrdokovov alebo špeciálnych zliatin s vysokou odolnosťou voči opotrebeniu a erózii, čím dochádza k významnému predĺženiu životnosti čepele zubov. Dôležitým faktorom je aj možnosť presného riadenia hrúbky a geometrie navareného povlaku, čo znižuje potrebu následného obrábania a šetrí čas pri renovácii. Z hľadiska metalurgie procesu sa dosahuje jemnozrnná štruktúra a vylučovanie tvrdých fáz, ktoré sú nevyhnutné pre odolnosť proti abrazívnemu a rázovému opotrebeniu.

Okrem technických výhod sa plazmové naváranie vyznačuje aj vyššou efektivitou využitia prídavného materiálu, čo má priamy ekonomický dopad. V kombinácii s možnosťou automatizácie a robotizácie procesu ide o technológiu, ktorá zodpovedá súčasným trendom v oblasti priemyselnej údržby a obnovy výrobných zariadení.

Významným aspektom pri použití PTA je aj otázka výberu vhodného prídavného materiálu. Pre čepele zubov vystavené extrémnym podmienkam sa najčastejšie používajú práškové zmesi na báze kobaltu, niklu alebo železa legované chrómom, volfrámom, niobom a ďalšími prvkami, ktoré podporujú tvorbu karbidických spevňujúcich fáz [5,6]. Práve optimalizácia chemického zloženia povlaku, riadenie procesných parametrov a správne nastavenie energetickej bilancie tvoria základ úspešnej aplikácie tejto technológie. V kontexte udržateľného rozvoja a obehového hospodárstva je dôležité zdôrazniť, že renovácia povrchov pomocou PTA predlžuje životnosť kľúčových komponentov a súčasne redukuje spotrebu primárnych surovín i energetické nároky na výrobu nových dielov. To robí z plazmového navárania perspektívny nástroj nielen z pohľadu technického, ale aj environmentálneho a ekonomického.

Metodika experimentov

Experiment bol realizovaný na základe požiadavky spoločnosti, ktorá fragmentuje horniny v špeciálnom fragmentovacom zariadení. Pre drvenie používa nože Obr.1 vyrobené z materiálu Hardox 500. Na funkčné časti fragmentovacieho noža je v súčasnosti plazmovým naváraním metódou PTA vyhotovený jednovrstvový návar pomocou prídavného materiálu vo forme prášku s pracovným označením PL1. Vzhľadom na snahu zvyšovania produkcie výroby a obmedzenú životnosť nožov sa spoločnosť rozhodla overiť možnosti aplikácie lacnejšieho materiálu pre výrobu noža a následné vytvorenie tvrdých oteruvzdorných vrstiev na ich funkčných častiach. Ako alternatívne riešenie základného materiálu Hardox 500, ktorého chemická kompozícia a mechanické vlastnosti sú v tab.1 a tab.2, bola zvolená nízkolegovaná vysokopevná oceľ S 355J2 - EN 10025-2-2004. V rámci

experimentov bola pre výrobu skúšobných vzoriek použitá oceľ S 355J2 – EN 10025-2-2024 s hrúbkou 40 mm, ktorej chemické zloženie a mechanické vlastnosti sú v tab.3. a tab.4.

Tab.1 Chemické zloženie pôvodného základného mat. noža HARDOX 500 (hm. %)

C_{max}	Mn_{max}	Si_{max}	P_{max}	S_{max}	Cr_{max}	Ni_{max}	Mo_{max}	B_{max}	Fe
0,30	1,30	0,40	0,025	0,01	2,2	2,0	0,4	0,005	Zvyšok.

Tab.2 Mechanické vlastnosti materiálu HARDOX 500

Medza pevnosti R_m [MPa]	Medza pevnosti R_e [MPa]	Tvrdosť HB
1400	1400	470 - 530

Tab.3 Chemické zloženie základného mat. S355J2 EN 10025-2-2024 (hm. %)

C	Mn	Si	P	S	Cu	Al	Cr	Mo	Ni	V	Fe
0,193	1,171	0,150	<0,002	<0,002	0,008	0,038	0,062	0,017	0,058	0,048	Zvyšok.

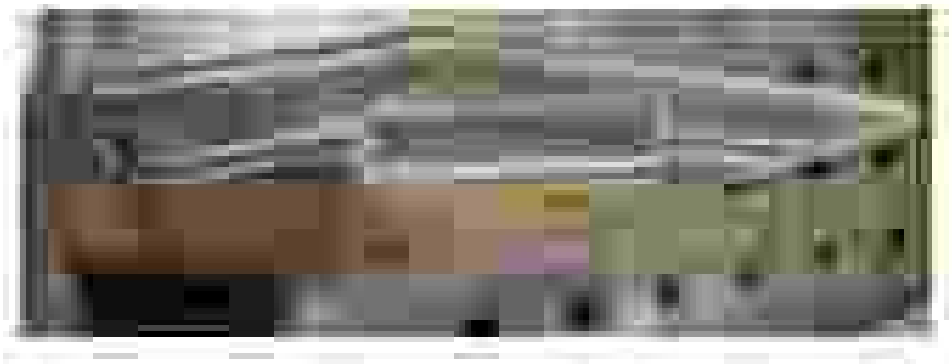
Tab.4 Mechanické vlastnosti materiálu S355J2 EN 10025-2-2024

Medza pevnosti R_m [MPa]	Medza pevnosti R_e [MPa]	A_{80} [%]
470 - 630	345	20

V rámci experimentálneho overenia možnosti zmeny podkladového materiálu noža boli overené možnosti aplikácie troch typov prídavných materiálov vo forme práškov tab.5. Pre navárarание skúšobných vzoriek bol použitý v súčasnosti používaný typ prášku označený ako PL1 na báze CoCrWNi. Overené boli možnosti aplikácie prášku PL2 na báze FeCoCrSi a prášku označeného ako PL3 na báze NiCrMoFeCuBSi. Presná chemická kompozícia nebola výrobcom podrobne špecifikovaná. Zrnitosť práškov bola 150±20µm.

Tab.5 Použité prídavné materiály vo forme práškov

Označenie vzoriek	**Chem. zloženie prášku**
PL1	CoCrWNi
PL2	FeCoCrSi
PL3	NiCrMoFeCuBSi



Obr.1 Fragmentovací nôž po naváraní PTA



Obr.2 Detail kresby návaru noža

Proces PTA návarania sa realizoval na zariadení Castolin Eutronic GAP 3511 DC v spoločnosti Askozvar Obr.3.



Obr.3 Zariadenie Castolin Eutronic GAP 3511 DC pre naváranie metódou PTA

Parametre navárania skúšobných vzoriek sú zaznamenané v tab.6. Zvolené boli na základe odporúčania výrobcu naváracieho zariadenia a tiež na základe skúsenosti zaškolenej obsluhy zariadenia. Proces

navárania bol robotizovaný na zariadení Fanuc. Parametre navárania boli použité pre všetky tri typy prídavných materiálov.

Tab.6 Použité parametre navárania

Navárací prúd	150 [A]
Prášok	45%
Rýchlosť kmitania	26 [mm.s^{-1}]
Rýchlosť navárania	0,9 [mm.s^{-1}]
AVC / kontrola napätia	27 mm – vzdialenosť horáka od platne
Plazmový plyn	Varigon H5 (95%Ar + 5% H2)
Prietok plazmového plynu	10 l za min.
Ochranný plyn prášku	Argón 4.6
Prietok ochranného plynu	3 l za min.

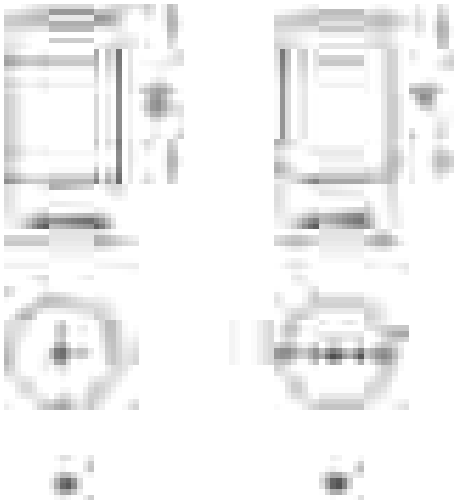
Použité metódy hodnotenia návarov

Nedeštruktívne skúšky

- Vizuálna kontrola návarov realizovaná podľa STN EN ISO 17637. Vyhodnocovanie kvality povrchov návarov sa realizovalo podľa normy STN ISO 5817, resp. podľa STN EN ISO 6520-1. Pri hodnotení bolo použité osvetlenie 500 . V rámci hodnotenia bola posudzovaná aj akosť priľahlých oblastí návarových vrstiev do vzdialenosti 15 od kraja návaru. Intenzita svetla kontrolovaná luxmetrom Testo 540.

Deštruktívne skúšky

- Hodnotenie tvrdosti sa realizovalo v zmysle STN EN ISO 9015-2 podľa Vickersa na zariadení Shimadzu HMV 2. Použité bolo zaťaženie indentora 0,9807 N a čas pôsobenia záťaže 15 sekúnd. Skúšobné vzorky s vyznačenými miestami vpichov indentora sú na Obr.4. Hodnoty tvrdosti boli merané na vzorkách v zmysle schémy obr.4a) - merané iba v strede neopracovanej plochej návaru. Na opracovaných vzorkách bolo realizovaných 5 meraní tvrdosti (Obr.4b) na ploche v hĺbke 0,7mm od povrchu návaru.



Obr.4 Schéma merania tvrdosti návarov

a) vzorka pre meranie tvrdosti na neopracovanom povrchu; b) vzorka pre meranie tvrdosti v piatich miestach na opracovanej ploche

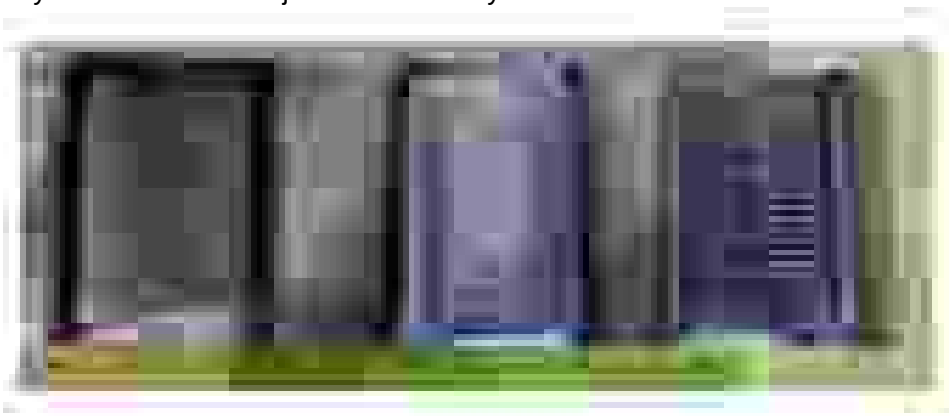
- Hodnotenie odolnosti návarov voči abrazívnemu opotrebeniu. Nakoľko je primárnym degradačným faktorom limitujúcim životnosť nožov fragmentujúceho zariadenia abrazívne opotrebenie, boli pre hodnotenie odolnosti návarových vrstiev voči pôsobeniu abrazívneho opotrebenia navrhnuté skúšky na zariadení APGi, kde bola odolnosť návarov vyhodnocovaná na základe hmotnostných úbytkov na skúšobných vzorkách. Hmotnosť skúšobných vzoriek pred expozíciou na skúšobnom zariadení a po expozícii bola hodnotená pomocou analytických váh RADWAG XA 220. Tvar a rozmery skúšobných vzoriek sú prezentovaný na obr. 5. Pri skúške bolo použité brúsne plátno zrnitosti P 80. Jedná sa o brúsne plátno so zrnom s Al_2O_3. Na skúšobnom zariadení bolo z každého návaru hodnotených 5 vzoriek. Rovnako bolo hodnotených 5 vzoriek z materiálu HARDOX 500 bez návaru. Na každú vzorku bolo použité nové plátno. Pri skúške boli použité vzorky o priemere ø 6 + 0,05 mm. Hodnota zaťaženia vzoriek počas skúšky bola 10 N. Brúsna dráha, ktorú prešla vzorka na brúsnom valci je 40 m. Obvodová rýchlosť bola 0.33 $m.s^{-1}$. Abrazívnemu opotrebeniu boli vystavené vzorky u ktorých bola neobrobená polguľovitá plocha, ktorá je podobne funkčnou plochou bez trieskového opracovania aj na fragmentovacom noži. Druhú sériu vzoriek tvorili skúšobné vzorky, ktorých povrchy boli brúsením opracované v zmysle schémy na obr.5. Abrázii bola vystavená plocha, ktorá je reálne v hĺbke 0,7mm pod povrchom návaru. Hodnotený bol vplyv abrazívneho opotrebenia v úvode skúšky pri čiarovom kontakte neskôr v plošnom kontakte. Po abrazívnom opotrebení boli na spomínaných analytických váhach zistené hmotnostné rozdiely skúšobných vzoriek.



Obr.5 Tvar a rozmery skúšobných vzoriek pre hodnotenie na zariadení APGi
a) vzorka bez opracovaného povrchu; b) vzorka s opracovaným povrchom

Analýza dosiahnutých výsledkov

Kvalita návarových vrstiev je po naváraní hodnotená pomocou nedeštruktívnej kontroly. V zmysle vizuálnej kontroly podľa STN EN ISO 17637 je posudzovaná prítomnosť povrchových chýb. Vizuálna kontrola nepreukázala prítomnosť povrchových chýb ktoré by návary klasifikovali ako nevyhovujúce v triede kvality C. Povrch návarov je dokumentovaný na obr.6.



Obr.6 Povrch návarových húseníc (zľava PL1; PL2 v strede a PL3 vpravo)

Výsledky hodnotenia tvrdosti pri nízkom zaťažení sú dokumentované v tab.7

Tab.7 Namerané priemerné hodnoty tvrdosti HV0,1

Vzorka s návarom	**Tvrdosť na obrobenej ploche**						**Povrchová tvrdosť**
	Vpich č.1	Vpich č.2	Vpich č.3	Vpich č.4	Vpich č.5	Priemerná hodnota	
PL1	562	572	566	580	574	570	602
PL2	466	452	488	465	447	463	495
PL3	451	466	471	416	428	446	477

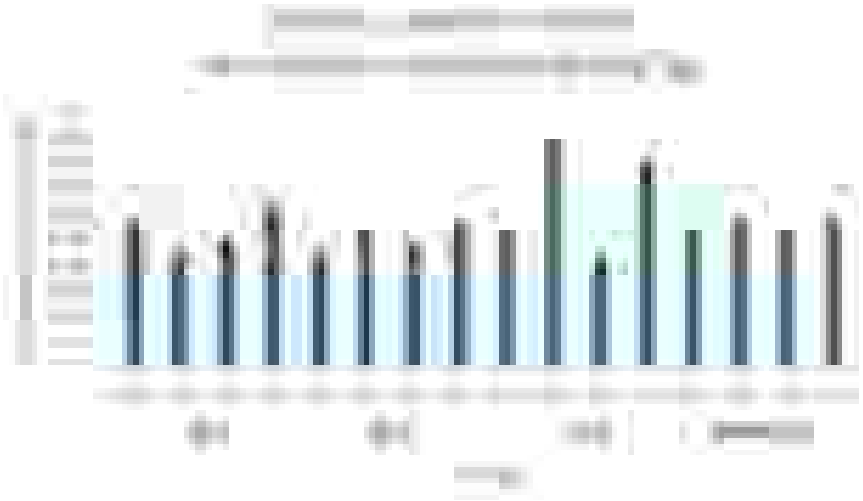
Hodnoty priemerných hmotnostných úbytkov skúšobných vzoriek s návarmi bez opracovania exponovanej plochy sú prezentované na grafe obr.7. Hodnoty priemerných hmotnostných úbytkov

vzoriek s návarom s trieskovo opracovanou plochou návaru a tiež vzoriek s rovnako pripravenou kontaktnou plochou z materiálu Hardox 500 sú dokumentované na grafe obr.8.



Obr.7 Priemerné hmotnostné úbytky skúšobných vzoriek bez opracovania povrchov po abrázii

Na základe prezentovaných výsledkov je možné konštatovať že najmenší hmotnostný úbytok bol zaznamenaný na návaroch bez úpravy povrchov zhotovených prídavným materiálom PL2, kde bol priemerný hmotnostný úbytok vzoriek 0,0427g.



Obr.8 Priemerné hmotnostné úbytky skúšobných vzoriek bez opracovania povrchov po abrázii

Najvyššiu odolnosť voči abrazívnemu opotrebeniu na základe sledovaných hmotnostných úbytkov preukázali podobne ako u neopracovaných skúšobných vzoriek návary zhotovené prídavným materiálom PL2, ktorých priemerný hmotnostný úbytok bol 0,0515g.

Záver

Tvorba funkčných vrstiev a povlakov je aktuálna a témou mnohých výskumov. Zvyšovanie životnosti strojových súčiastok, obnova ich povrchov a výroba povrchov odolávajúcich konkrétnym typom degradačných faktorov umožňuje dosiahnuť významné úspory finančných prostriedkov. Perspektívnou je snaha vyhotoviť vysokoodolné tenké vrstvy na nelegované a nízkolegované typy ocelí a tak nahradiť celé súčiastky z vysokolegovaných ocelí. Na základe realizovaných experimentov je možné odporučiť zmenu základného materiálu nožov určených pre fragmentáciu, ktoré sa v súčasnosti vyrábajú z ocele Hardox 500 za oceľ S355J2 EN 10025-2-2024 s návarovou vrstvou vyhotovenou prídavnými materiálmi PL2 resp. PL1 technológiou PTA.

Poďakovanie

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektov APVV-24-0381 - Integrita ochranných multivrstiev v podmienkach vysokoteplotných expozícií, projektu VEGA 1/0597/23 - Možnosti aplikácie laserových aditívnych technológií pri obnove funkčných povrchov ako aj a projektu 024TUKE-4/2025 - Hybridné vzdelávanie študentov pre aktuálne potreby automobilového priemyslu.

Literatúra

1. Pan, Z.; Dong, X.; Cao, H.; Huang, Q. The Role of Distribution Forms of Fe-Cr-C Cladding Layer in the Impact Abrasive Wear Performance of Hadfield Steel. *Materials (Basel).* **2020**, doi:10.3390/MA13081818.
2. Bai, Q.; Ouyang, C.; Zhao, C.; Han, B.; Liu, Y. Microstructure and Wear Resistance of Laser Cladding of Fe-Based Alloy Coatings in Different Areas of Cladding Layer. *Materials (Basel).* **2021**, doi:10.3390/ma14112839.
3. Matějíček, J.; Antoš, J.; Rohan, P. W + Cu and W + Ni Composites and Fgms Prepared by Plasma Transferred Arc Cladding. *Materials (Basel).* **2021**, doi:10.3390/ma14040789.
4. Deuis, R.L.; Yellup, J.M.; Subramanian, C. Metal-Matrix Composite Coatings by PTA Surfacing. *Compos. Sci. Technol.* **1998**, doi:10.1016/S0266-3538(97)00131-0.
5. Huang, H.; Han, G.; Qian, Z.; Liu, Z. Characterizing the Magnetic Memory Signals on the Surface of Plasma Transferred Arc Cladding Coating under Fatigue Loads. *J. Magn. Magn. Mater.* **2017**, doi:10.1016/j.jmmm.2017.07.067.
6. Kishore, K.; Jaiswal, N.; Prabhakaran, A.; Arora, K.S. Through-Thickness Microstructure and Wear Resistance of Plasma Transferred Arc Stellite 6 Cladding: Effect of Substrate. *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.* **2023**, doi:10.1016/j.cirpj.2023.01.014.

Konferencia

PZVAR MEETING 2025

„Korózia včera, dnes a zajtra z pohľadu technika“

01.-03.10.2025,

Hotel Atrium

Nový Smokovec

Ing. Milan Lacena, PhD., technik PKO potrubí, eustream, a.s.



Korózia, čo to vlastne je?

- Korózia je jav, ktorý spôsobuje v praxi komplikácie, lebo spôsobuje veľké hospodárske a ekonomické škody a preto sa ním musíme zaoberať, hlavne korózii oceľových zariadení sa venuje veľa odborníkov, to vieme všetci, ale prečo sa to deje;

- V praxi sa stretávame hlavne s koróziou oceľových výrobkov a konštrukcií;

- Oceľ je produkt, ktorý sa získava spracovaním kovu, z jeho prirodzeného v prírode sa vyskytujúceho stavu na čistý kov, ktorý má snahu vrátiť sa do jeho pôvodného nestabilného stavu a tomuto procesu sa hovorí korózia;

- Veľkou nepríjemnosťou pre nás technikov je, že snahou kovu vrátiť sa do jeho pôvodného stavu zároveň kov mení podstatne svoje chemické, fyzikálne a mechanické vlastnosti;

Korózia, čo to vlastne je?

Koróziu poznáme v základnom rozdelení:

- a) chemická, kde medzi kovom a prostredím prebieha chemická reakcia, pri ktorej vznikajú korózne splodiny, napr. oxidácia

- b) elektrochemická korózia, ktorá prebieha v elektricky vodivom prostredí. Toto prostredie nazývame elektrolyt.



Korózia, čo to vlastne je?

- V termodynamike korózie sa popisuje štandardný potenciál kovu, ktorý vyjadruje jeho stabilitu;
- Keďže sa štandardný potenciál kovov nedá priamo merať, meria sa pomocou takzvanej vodíkovej elektródy;
- Potenciál štandardnej vodíkovej elektródy je dohodou považovaný za nulový. Čím je vyššia hodnota štandardného potenciálu, tým vyššia je aj ušľachtilosť kovu, ktorý sa chová tým stabilnejšie;
- Každý kov má rozdielny štandardný potenciál. Ušľachtilé kovy ho majú kladnejší a neušľachtilé kovy ho majú zápornejší;
- Podľa hodnôt štandardného potenciálu (a teda aj ich stability) boli zostavené rady kovov podľa ich ušľachtilosti. Najlepšie sú na tom s ušľachtilosťou drahé kovy platina, zlato, striebro, meď, najhoršie sú na tom mangán, hliník, titan.

Korózia, čo spôsobuje?

- Padanie mostov a lávok, kovových ale aj železobetónových, väčšinou to spôsobuje skorodovanie nosných kovových konštrukcií alebo skorodovanie oceľových nosných lán;
- Zrútenie kovových konštrukcií je tiež spôsobované skorodovaním nosných oceľových častí konštrukcie;
- Priemyselné havárie, tiež to býva často spôsobené skorodovaním častí nádrží, zásobníkov, prípadne prepravných ale aj potrubných systémov a častí prevádzky;
- Havárie prepravných podzemných potrubných systémov alebo niektorých častí technologických objektov prislúchajúcich k týmto systémom;

Korózia včera, dnes a zajtra - prevencia

Ako jej môžeme predchádzať:

- Už pri projektovaní, návrhy správnych konštrukčných riešení;
- Voľba správneho zloženia konštrukcií aj z pohľadu kombinácií rôznych materiálov;
- Voľba správneho náterového systému vhodného na predmetnú konštrukciu s čo najdlhšou životnosťou;
- Voľba overených vhodných a trvácnych izolačných materiálov na všetky podzemné (úložné) zariadenia;
- Rôzne vhodné kombinácie opatrení proti korózii;
- Aktívna protikorózna ochrana.

Korózia včera, dnes a zajtra - výstavba





Korózia včera, dnes a zajtra - výstavba





Korózia včera, dnes a zajtra - výstavba



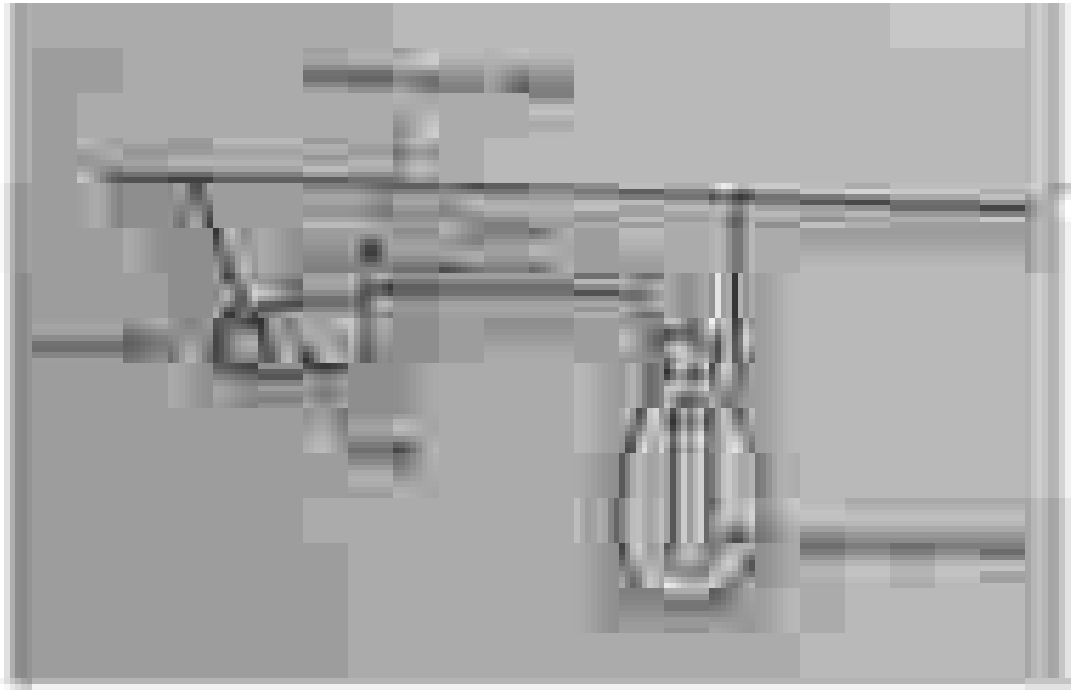


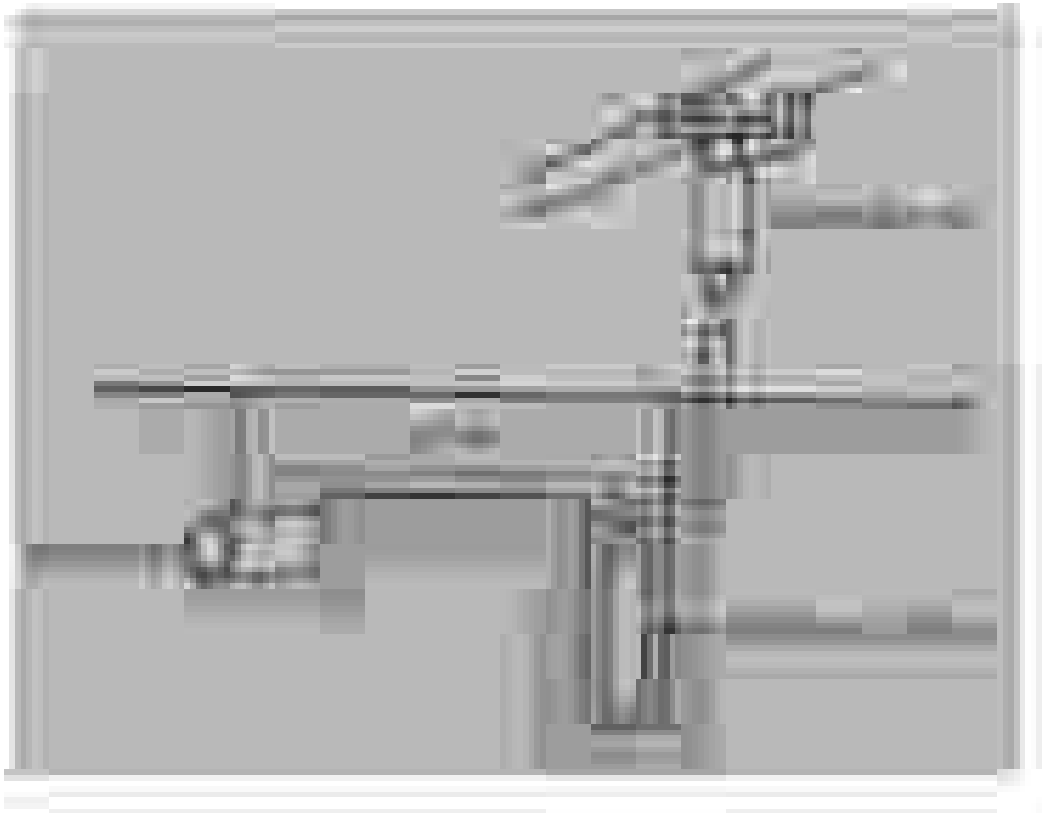
Korózia včera, dnes a zajtra - výstavba



Korózia včera, dnes a zajtra – APKO - KO

KO – realizovaná s obetovanou anódou





KO – realizovaná s vonkajším zdrojom prúdu

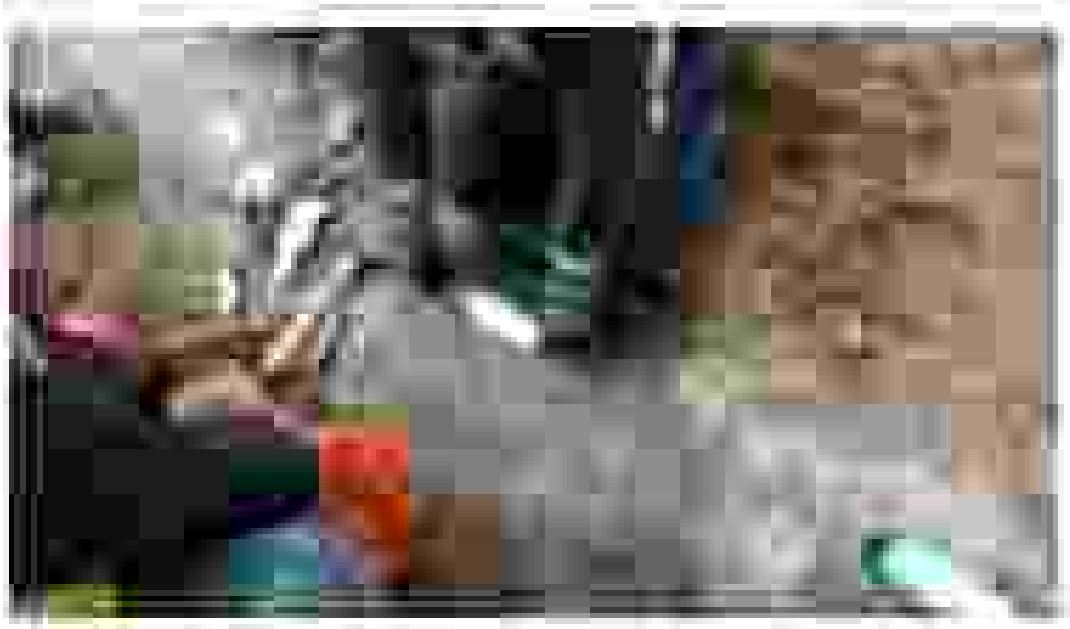
Korózia včera, dnes a zajtra - APKO







Korózia včera, dnes a zajtra - APKO





Korózia včera, dnes a zajtra - monitoring



Vnútorná inšpekcia

- vnútorná inšpekcia poskytuje reálny obraz o technickom stave plynovodu z hľadiska výskytu koróznych a iných defektov priamo na potrubí,
- vnútornou inšpekciou sa zisťujú vnútorné a vonkajšie defekty steny potrubia, anomálie obvodových zvarov, zmeny hrúbky steny potrubia, dĺžka jednotlivých rúr, začiatky a konce oceľových chráničiek a prípadná excentricita oceľových chráničiek, prevalenia potrubia, výrobné a konštrukčné poruchy, kovové predmety dotýkajúce sa potrubia alebo nachádzajúce sa v jeho okolí, všetky armatúry, odbočky a príruby,
- všetky uvedené inšpekčné nálezy je možné s dostatočnou presnosťou lokalizovať na trase prepravnej siete.

Vonkajšia inšpekcia

- vonkajšia inšpekcia je komplexný súbor meraní zameraných hlavne na zistenie stavu zariadení katódovej ochrany a súvisiacich nadzemných zariadení,
- zistenie účinnosti katódovej ochrany,
- lokalizáciu defektov izolácie a zistenie celkového stavu izolácie podzemných potrubí, kategorizáciu defektov izolácie a určenie ich možného korózneho ohrozenia,
- zistenie prítomnosti a zdroja bludných prúdov, zistenie interferenčných vplyvov, určenie zdanlivého merného odporu pôdy pozdĺž potrubia,
- priebežné určenie hĺbky uloženia potrubia,
- kontrolu stavu existujúcej dokumentácie,
- všetky uvedené inšpekčné nálezy je možné s dostatočnou presnosťou lokalizovať na trase prepravnej siete.

Korózia včera, dnes a zajtra - rehabilitácia



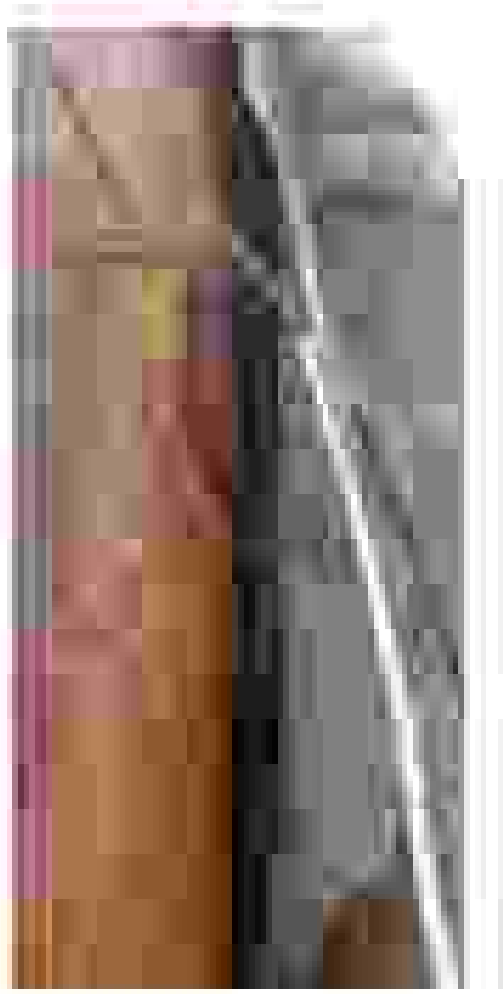


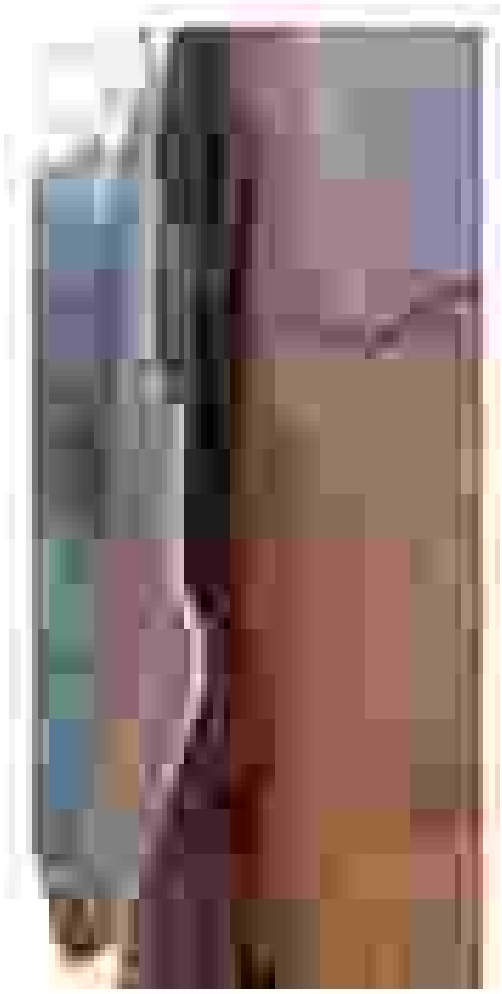
Korózia včera, dnes a zajtra



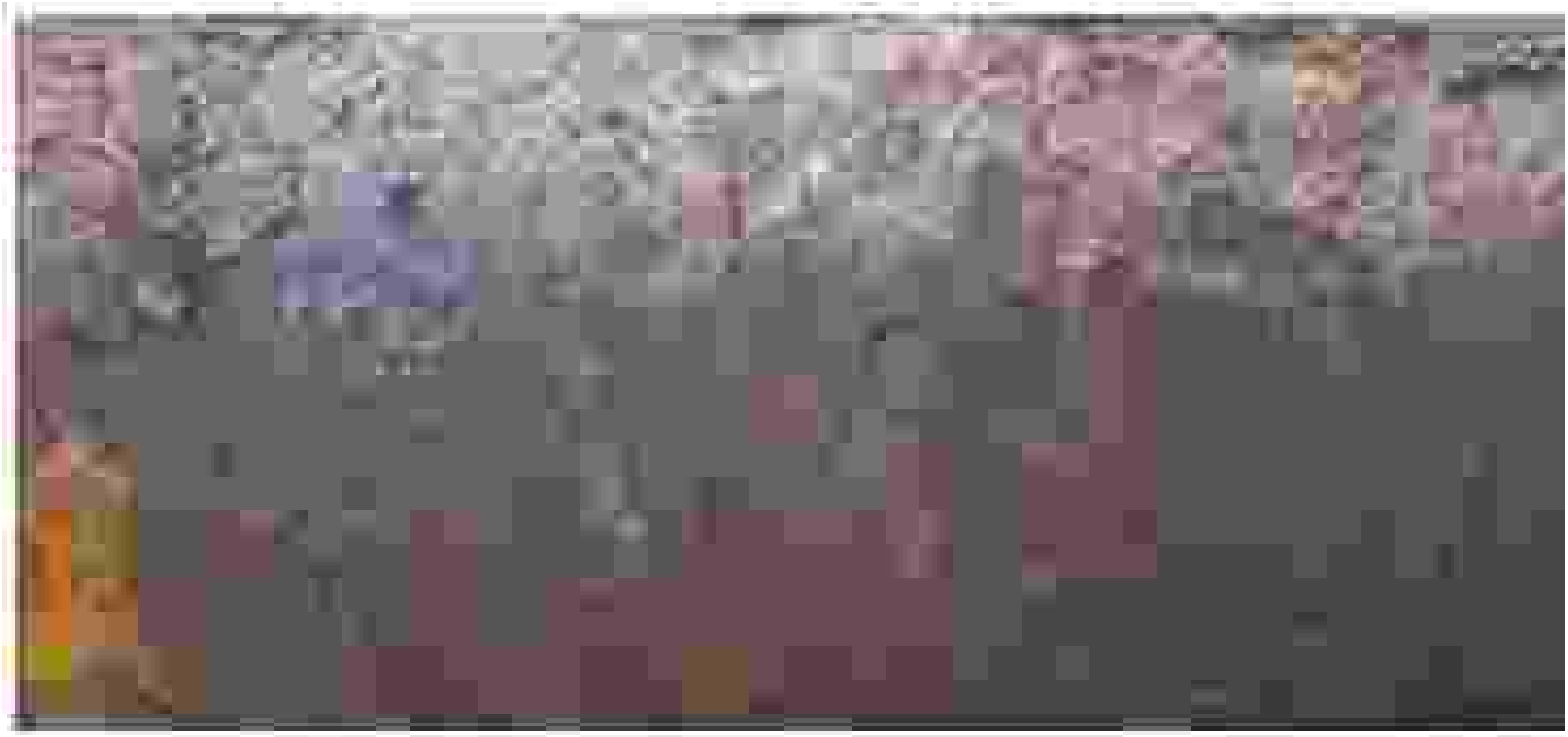
Korózia včera, dnes a zajtra







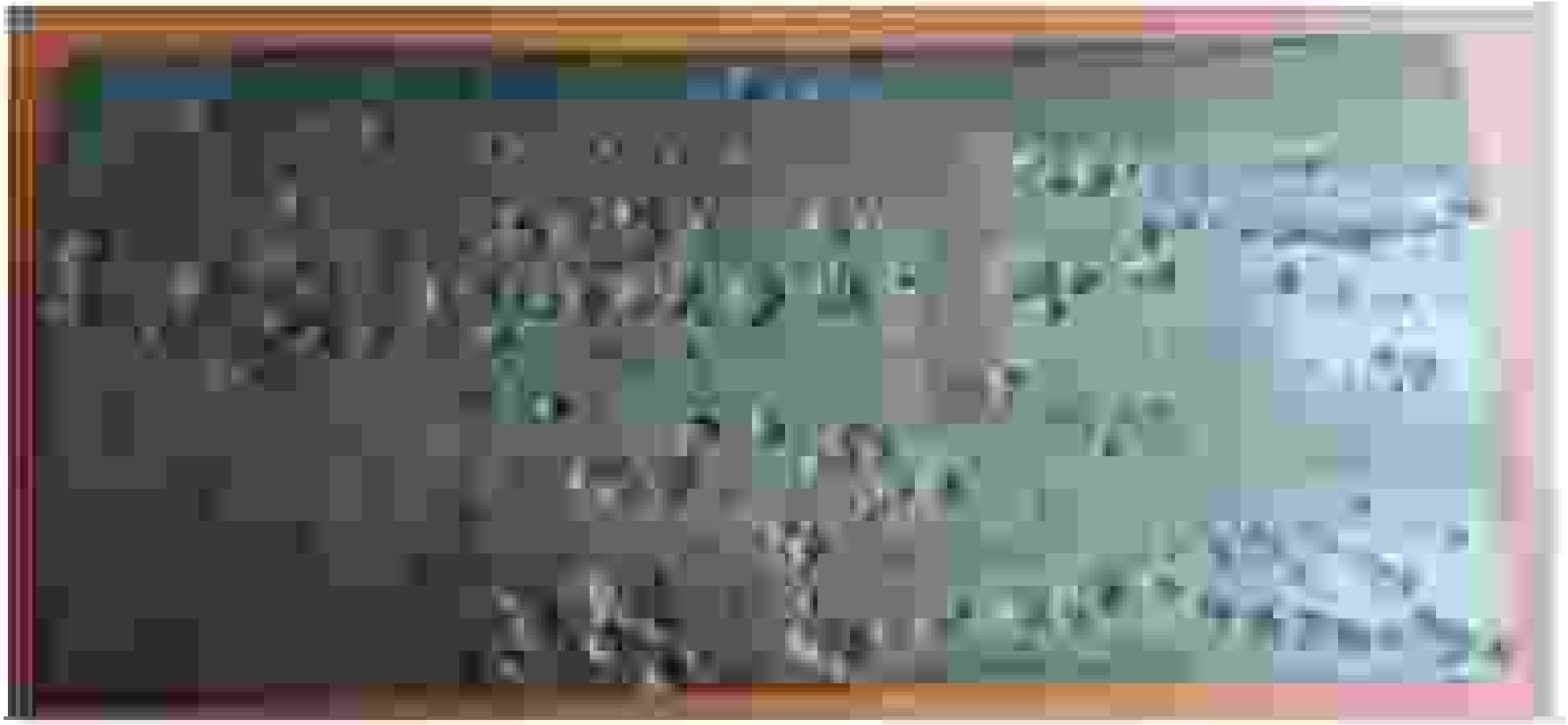
Korózia včera, dnes a zajtra



Korózia včera, dnes a zajtra



Korózia včera, dnes a zajtra



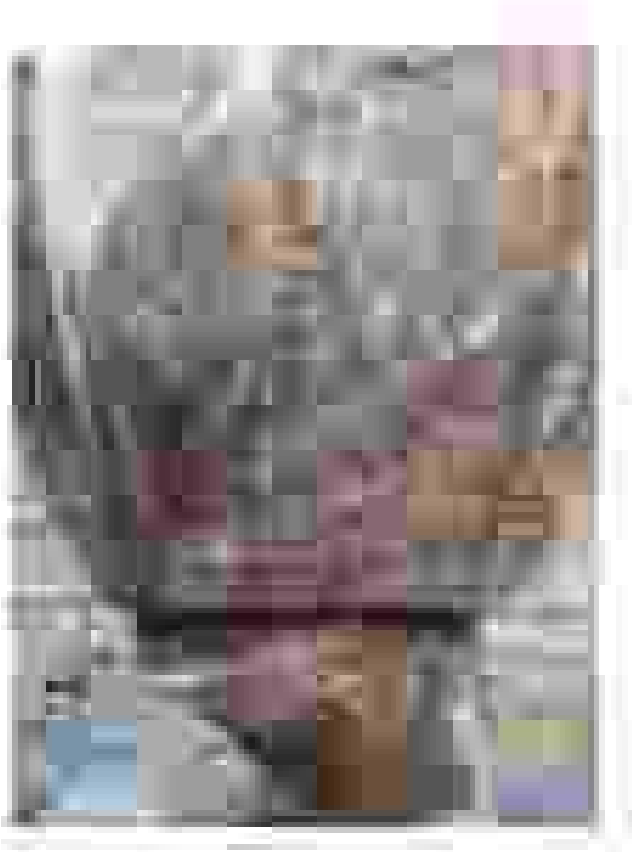
Korózia včera, dnes a zajtra



Korózia včera, dnes a zajtra



Korózia včera, dnes a zajtra





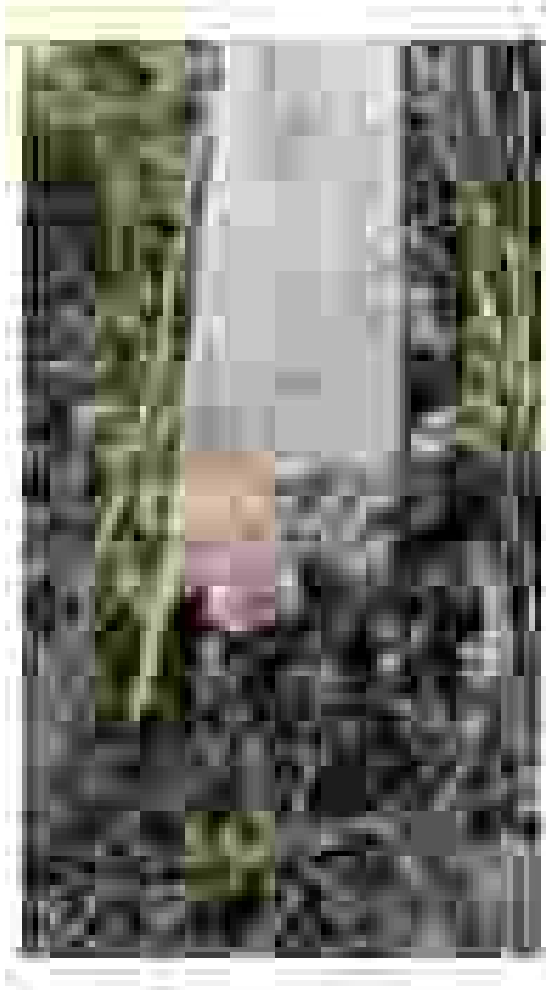


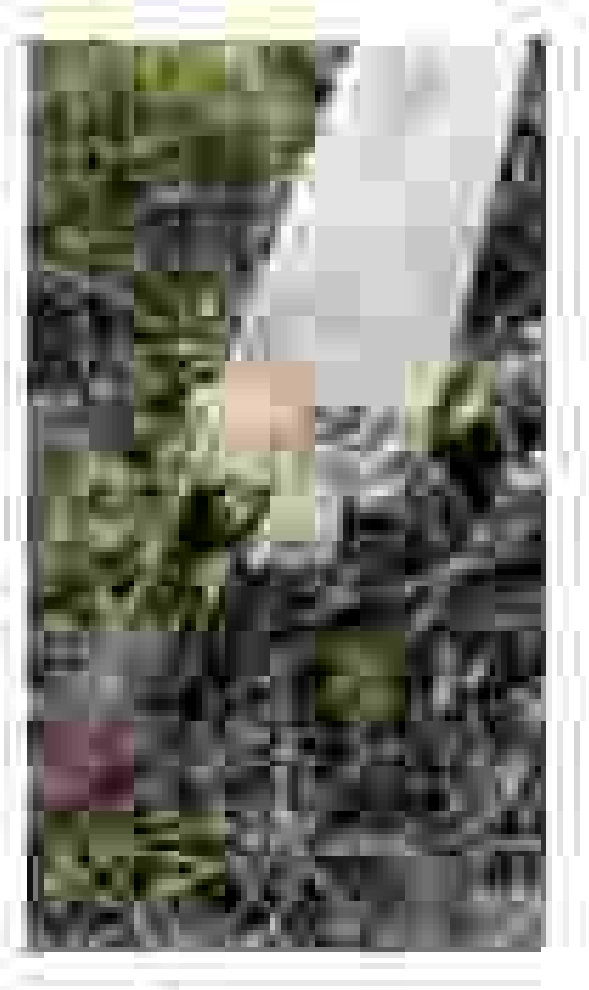
Korózia včera, dnes a zajtra



Korózia včera, dnes a zajtra







Korózia včera, dnes a zajtra



Korózia včera, dnes a zajtra



Corten - hrdzavý vzhľad - moderné, originálne a udržateľné...

Corten sám seba chráni tým, že si na povrchu vytvorí jemnú vrstvu hrdze a tá potom ochráni výrobok pred nepriaznivými poveternostnými vplyvmi.

Steny s hrdzavým efektom sa v posledných rokoch stávajú jedným z najmodernejších trendov v interiérovom ale aj v exteriérovom dizajne.

Tento nekonvenčný a výrazný vzhľad, inšpirovaný surovými priemyselnými materiálmi, si získava obľubu medzi dizajnérmi a majiteľmi domov a budov, ktorí chcú dať svojim interiérom ale aj exteriérom jedinečný a nenapodobiteľný vzhľad.

Použitie hrdzavého efektu na stenách je kombinácia strohosti a elegancie, to z neho robí ideálne riešenie pre ľudí, ktorí chcú mať použitý moderný a zároveň industriálny štýl.

Efekt hrdze v interiéri možno na stene dosiahnuť farbou s efektom hrdze ale aj tapetami.

Efekt korózie dodáva interiéru ale aj exteriéru moderný charakter, dnes je to naozaj cool.

Korózia včera, dnes a zajtra



Korózia včera, dnes a zajtra



Korózia včera, dnes a zajtra



Korózia včera, dnes a zajtra



Korózia včera, dnes a zajtra



Korózia včera, dnes a zajtra



Korózia včera, dnes a zajtra



Ďakujem Vám za pozornosť.

milan.lacena@eustream.sk

Analýza kvalitatívnych parametrov polyetylénu pre aplikácie ochranných rúry plynovodov

Miloš MIČIAN[1], Sergej MAMIKONYAN[2]
[1]Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra technologického inžinierstva, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika, e-mail: milos.mician@fstroj.uniza.sk; radoslav.konar@fstroj.uniza.sk
[2]ASIMEX s.r.o., Železničná 3/F, 915 01 Nové Mesto nad Váhom, e-mail: sergej.mamikonyan@asimex.sk Slovenská republika

Abstrakt:

Spoľahlivosť a životnosť polyetylénových (PE) potrubných systémov pre rozvody vody a plynu je priamo závislá od kvality zvarových spojov. Tento článok sa zaoberá analýzou faktorov ovplyvňujúcich túto kvalitu, s primárnym zameraním na vlastnosti základného materiálu. Prostredníctvom laboratórnych a deštruktívnych skúšok rúry z HDPE (DN 450) boli identifikované príčiny nevyhovujúcej kvality zvarov. Výsledky preukázali, že defekty boli spôsobené nehomogenitou v materiálovej štruktúre, konkrétne nerovnomerným rozložením aditív (antioxidantov, UV stabilizátorov) a nerovnomernou dispergáciou malého množstva polypropylénu v HDPE tavenine počas extrúzie.

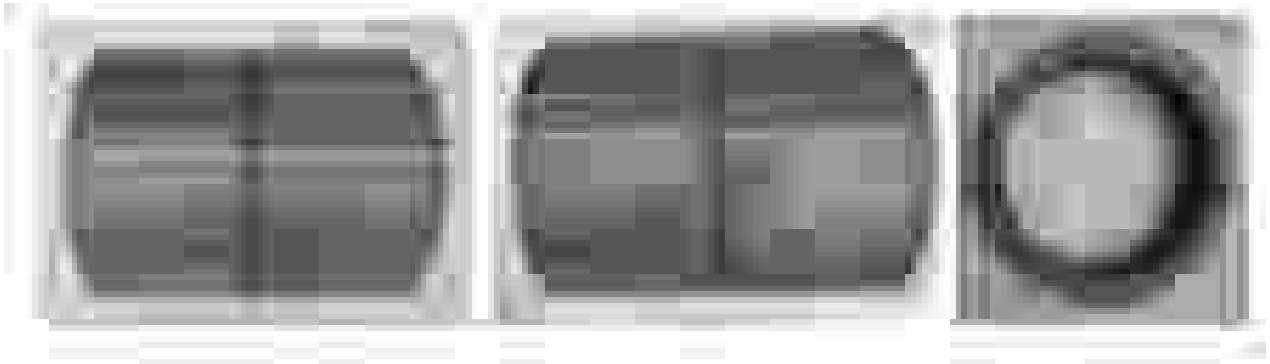
Kľúčové slová: polyetylén HDPE, zvarové spoje, kvalita zvaru, carbon black, MFR analýza

1. Úvod

Polyetylén je materiálom voľby pre mnohé aplikácie v potrubných systémoch vďaka svojim optimálnym krátkodobým a dlhodobým mechanickým vlastnostiam, ľahkej spracovateľnosti a zvariteľnosti. Okrem umelo vytvorenej polymérnej štruktúry a morfológie je potrebné na dosiahnutie požadovaných dlhodobých vlasností plastových rúr použiť vhodné stabilizačné opatrenia proti tepelnému rozkladu a fotodegradácii. Vhodným a najekonomickejším riešením na zabránenie fotodegradácii polyetylénu v dôsledku vystavenia UV žiareniu je použitie sadzí (CB – carbon black) [1,2]. Účinnosť CB proti tepelnej a fotodegradácii polymérov závisí od typu CB, veľkosti častíc, koncentrácie a disperzie. Štúdie [3,4] ukázali, že menšie veľkosti častíc CB sú lepšie na ochranu pred UV žiarením, s optimálnou veľkosťou častíc okolo 20 nm pri koncentrácii 2 – 3 %. Zdôrazňuje sa tiež, že k dosiahnutiu optimálnej UV ochrany je potrebná správna disperzia častíc CB v polyetylénovej matrici. Keď však CB nie je správne dispergovaný v PE matrici počas spracovania, v zmesi CB/HDPE sa objavia biele oblasti s nízkou, alebo žiadnou koncentráciou CB, známe ako “okná (white windows)”, ktoré sa zobrazia v podobe lamiel, alebo “vírov”. V niektorých prípadoch môže tento fenomén výrazne ovplyvniť štrukturálnu integritu základného materiálu rúry, ale aj zvarového spoja, ktoré je závislá od adhézie rozhrania medzi týmito dvoma fázami. Zváranie horúcim telesom na tupo má zároveň tendenciu vytvárať morfologicky nespojité rozhranie v oblasti natavenia materiálu kolmo k osi rúry. Spolu s pôsobiacim tlakom počas zvárania sa dramaticky zväčšuje veľkosť, ako aj počet „okien“. Preto je nevyhnutné pri výrobe rúr dosiahnuť veľmi homogénnu disperziu a distribúciu CB v polyetyléne, aby sa zabezpečilo, že materiál nebude obsahovať „okná“, a to nielen kvôli odolnosti voči fotochemickej degradácii, ale aj kvôli zlepšeniu celkovej mechanickej integrity polyetylénových potrubí [5].

2. Materiál a technológia zvárania

Základným materiálom pre analýzu boli zvarové spoje vyhotovené horúcim telesom na tupo polyetylénovej rúry Ø450 x 25,6 mm - SDR17,6 (potrubná vzorka č. 1) a Ø 450 x 17,2 mm – SDR26 (potrubná vzorka č. 2). Materiály označené ako HDPE, sú zobrazené sú na obr. 1. Vizuálnou kontrolou vykonanou podľa STN EN 13100-1 neboli na zvarovom spoji identifikované žiadne nevyhovujúce chyby v súlade s normou STN EN 16296 – B. V okolí zvaru boli prítomné miesta mechanického poškodenia povrchu rúry a identifikované stopy po nástroji vyhovujúce STN EN 16296 – D [6,10-12]. Poslednou analyzovanou vzorkou bol dodaný výrez rúry priamo zo stavby, koniec rúry bol súčasťou na tupo zhotoveného zvarového spoja, v ktorom pri manipulácii na stavbe došlo k lomu po celom priereze v centrálne časti zvaru (potrubná vzorka č. 3).



Obr. 1 Zvárané potrubné vzorky; vľavo – č. 1, v strede – č. 2, vpravo – č. 3

3. Hodnotenie fyzikálnych vlastností

Pre analýzu fyzikálnych vlastností základného materiálu rúr boli navrhnuté tieto skúšky:

- FTIR - infračervená spektroskopia pre stanovenie chemickej čistoty materiálu,
- DSC - diferenciálna skenovacia kalorimetria pre stanovenie teplotných charakteristík materiálu,
- OIT – stanovenie času indukcie oxidácie materiálu,
- MFR - index toku taveniny, reologická vlastnosť pre posúdenie zvariteľnosti materiálu.

Uvedené skúšky boli vykonané spoločnosťou Simulplast, s.r.o. Poprad. Z daných skúšok je možné vysloviť tieto závery [7]:

- z chemického zloženia vyplýva, že základný materiál všetkých potrubných vzoriek vykazuje obsah čistého HDPE,
- pri DSC analýze sa však pri všetkých vzorkách vyskytuje aj malý pík pri teplote cca. 160 °C, čo je typické pre malý obsah prísady polypropylénu - PP,
- vzorky vykazujú veľmi krátky OIT, teda nízky obsah antioxidantu. Priemerná hodnota parametra OIT bola pri dimenzii Ø450 x 25,6 mm cca. 3,45 min a pri dimenzii Ø450 x 17,2 mm bola 2,65 min. Podľa normy EN 1555-1 sa požaduje IOT ≥ 20 min,
- potrubná vzorka č. 1 a 3 (Ø450 x 25,6 mm) má hodnotu MFR = 1,15 až 1,16 g/10min a potrubná vzorka č. 2 (Ø450 x 17,2 mm) má hodnotu MFR = 0,70 až 0,72 g/10min. Podľa normy EN 1555-1 sa požaduje hodnota v rozmedzí 0,2 až 1,4 g/10min.

4. Hodnotenie mechanických vlastností

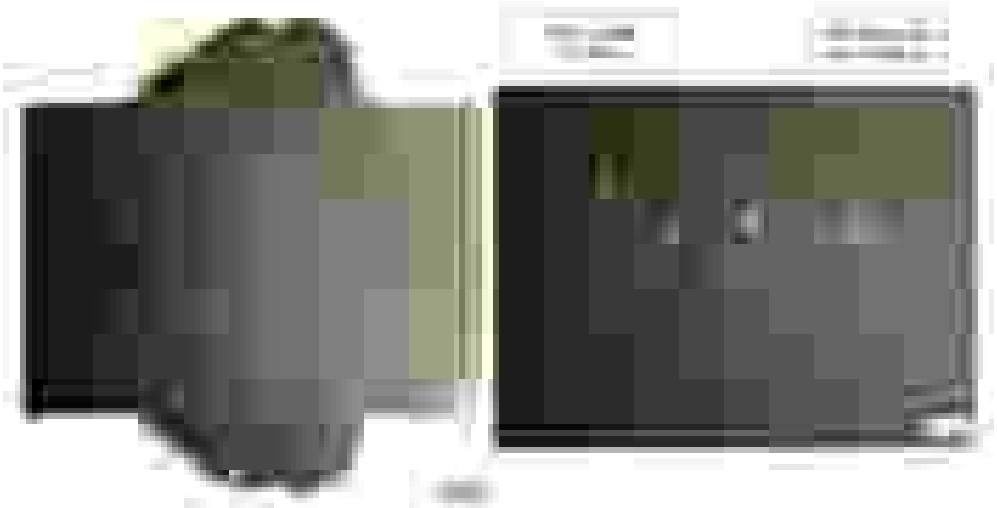
Pre analýzu mechanických vlastností základného materiálu rúr a zvarových spojov sa navrhlo v súlade s normou EN 12814 (skúšanie zváraných spojov polotovarov z termoplastov) vykonať tieto skúšky:

- makroskopické skúšanie podľa EN 12814-5,
- skúška ťahom podľa EN 12814-2,
- skúška ohybom podľa EN 12814-1.

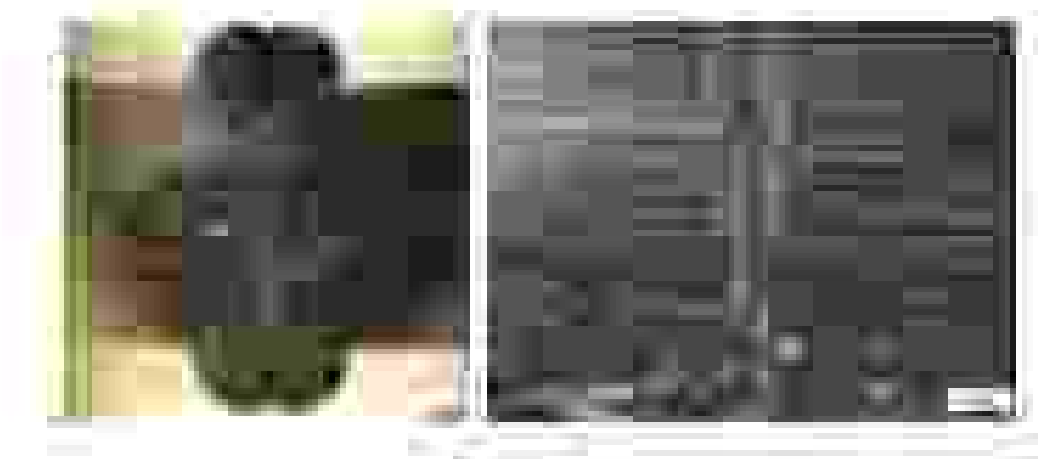
4.1. Skúška makroštruktúry zvarových spojov

Skúška makroštruktúry zvarových spojov sa vykonala podľa podľa EN 12814-5 [15], za účelom hodnotenia vnútorných chýb, geometrických chýb a formovania zvarového spoja. Hodnotené boli plochy získané z priečnych rezov zvarových spojov potrubnej vzorky č. 1 - Ø450 x 25,6mm a č. 2 - Ø450 x 17,2 mm. Na obr. 2 je zobrazená makroštruktúra zvarového spoja potrubnej vzorky č. 1 - Ø450 x 25,6 mm a jej detail. Na makroštuktúre nie sú prítomné vnútorné chyby typu trhliny, studený spoj, vakuoly, póry a pod. Zvarový spoj je symetrický s dostatočným výronkom. V základnej matrici čierneho HDPE sa nachádza druhá, bližšie neidentifikovateľná fáza, ktorá sa mikroskopicky javí ako „biela“ fáza. Táto fáza sa v odbornej literatúre nazýva ako „white windows - biele okná“. V okrajoch hrúbky materiálu (bližšie k povrchu a vnútornej strane rúry) je táto fáza viditeľná vo forme vlákien, resp. tenkých lamiel, ktoré sú rovnobežné s povrchom rúry. Stredná časť objemu hrúbky materiálu obsahuje rovnako podobnú fázu, ktorá sa v tomto prípade formuje do pretiahnutých štruktúr v tvare „vírov“. Taktiež sa v tejto oblasti vyskytujú aj lokálne miesta s fázou

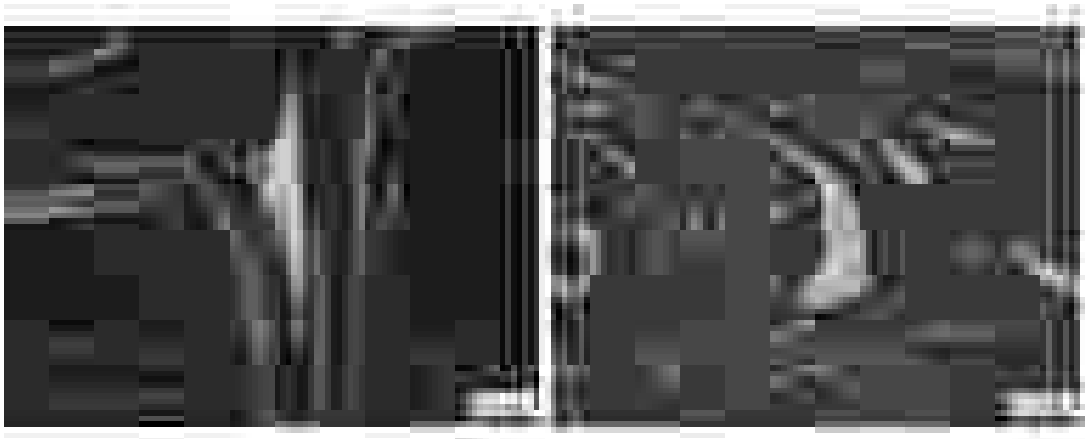
v nepravidelnom polyedrickom tvare. „Biele“ lamely, rovnobežné s povrchom rúry, sa v mieste zvaru, kde došlo pri zváraní účinkom teploty a tlaku k zmene toku taveniny o 90° smerom do výronku, menia svoj smer a v centre zvaru smerujú kolmo k povrchu rúry. Na obr. 3 a obr. 4. je zachytená makroštruktúra a jej detaily po nahriatí teplým vzduchom, kde je idetifikovaná „biela fáza“ lepšie zvýraznená.



Obr. 2 Snímka makroštrukúry potrubnej vzorky č. 1; vľavo – celý zvarový spoj, vpravo – detail rozhrania zvarového spoja



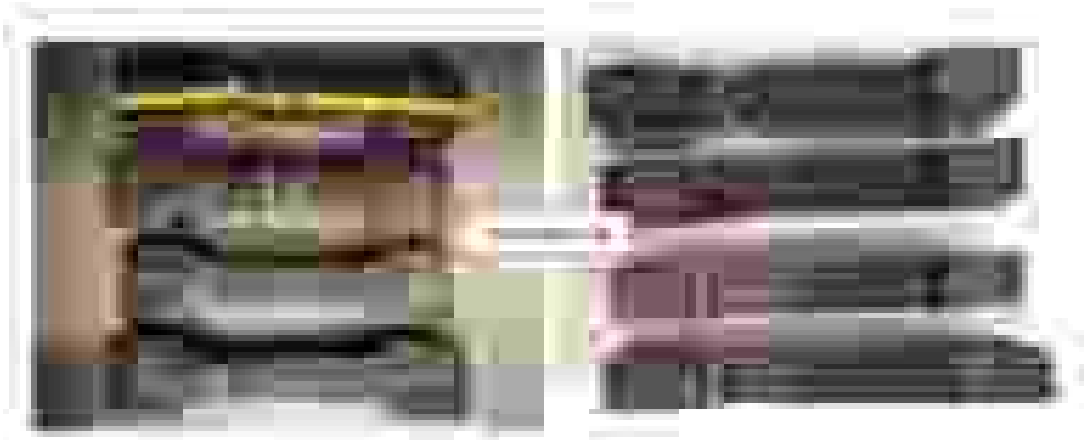
Obr. 3 Snímka makroštrukúry potrubnej vzorky č. 1 po ohreve povrchu teplým vzduchom; vľavo – celý zvarový spoj, vpravo – detail rozhrania zvarového spoja



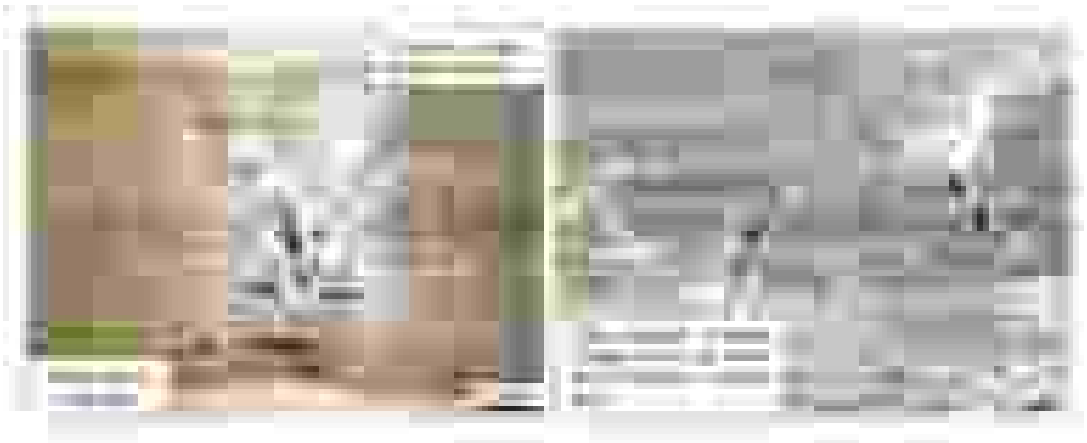
Obr. 4 Snímka detailu makroštrukúry potrubnej vzorky č. 1 po ohreve povrchu teplým vzduchom

4.2. Skúška ťahom zvarových spojov

Táto skúška sa vykonala podľa podľa EN 12814-2 [14]. Vyžaduje sa pri nej podrobiť ťahovému zaťaženiu základný materiál, rovnako aj samotný zvarový spoj. Ťahová skúška bola vykonaná na 5 kusoch základného materiálu a 5 kusoch zvarového spoja. Na obr. 5 sú znázornené vzorky základného materiálu potrubnej vzorky č. 1 po skúške ťahom (zobrazené sú len 4 skúšovné telesá). Na obr. 6 sú znázornené detaily pohľadu na bočnú stranu jedného zo skúšobných telies, pričom je identifikovaná delamelácia materiálu v mieste lomu a krehké porušenie týchto lamiel v strede hrúbky materiálu. Charakter zaťažovacej krivky pri skúške (obr. 7) poukazuje tiež na prítomnosť náhlych poklesoch zaťažujúcej sily, ktoré súvisia s jednotlivými ruptúrami v materiáli.



Obr. 5 Potrubná vzorka č. 1 po skúške ťahom

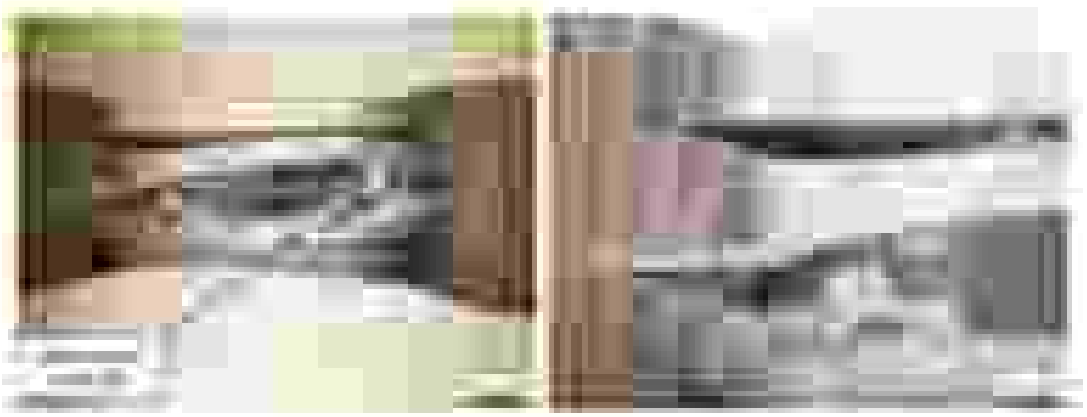


Obr. 6 Potrubná vzorka č. 1 - detaily na miesto lomu po skúške ťahom



Obr. 7 Záznam priebehu zaťaženia pri ťahovej skúške - potrubná vzorka č. 1

Charakter porušovania základného materiálu potrubnej vzorky č. 2 (Ø 450 x 17,2 mm) bol pri skúške ťahom obdobný ako pri potrubnej vzorke č. 1. Na obr. 8 je znázornený pohľad na bočnú stranu jedného telieska po skúške ťahom. Materiál sa porušuje pri zaťažení po vrstvách (delamelácia materiálu), ktoré sú rovnobežné so smerom zaťaženia.



Obr. 8 Skúšobné teleso základného materiálu, potrubná vzorka č. 2 – pohľad z bočnej strany

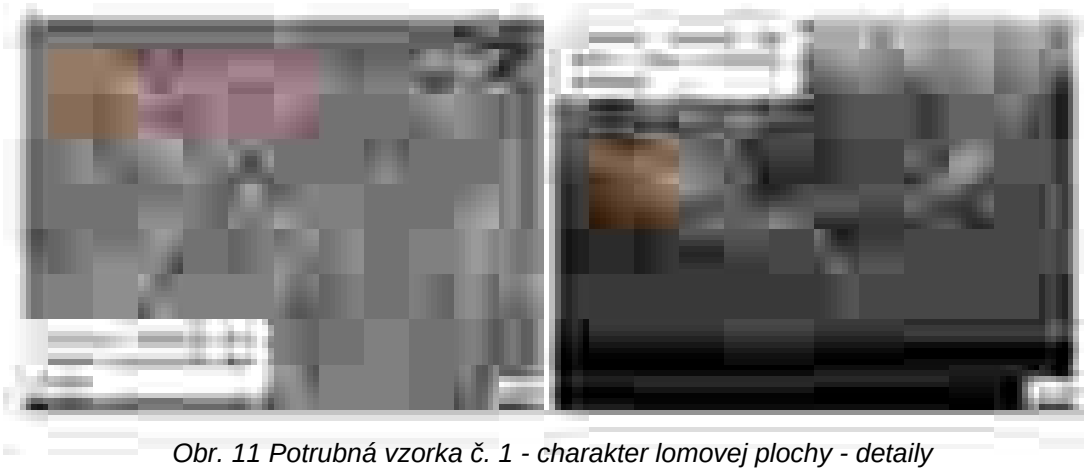
Na obr. 9 sú znázornené vzorky zvarových spojov potrubnej vzorky č. 1 po skúške ťahom (zobrazené sú len 4 skúšovné telesá). K lomu došlo v centre zvarového spoja pri všetkých vzorkách okamžite po dosiahnutí únosnosti zvaru bez prítomnosti tečenia základného materiálu. Na obr. 10 a obr. 11 sú zobrazené makroskopické snímky lomovej plochy jednej zo vzoriek po skúške ťahom. Lomové plochy vykazujú porušenie materiálu po vrstvách, ktoré sa navzájom oddeľujú. Nenesie známky plastického tečenia materiálu. Zároveň na lomovej ploche medzi jednotlivými oddelenými vrstvami je identifikovaná „biela“ fáza materiálu.



Obr. 9 Potrubná vzorka č. 1 - vzorky zvarov po skúške ťahom



Obr. 10 Potrubná vzorka č. 1 - charakter protiľahlých lomových plôch vo zvare

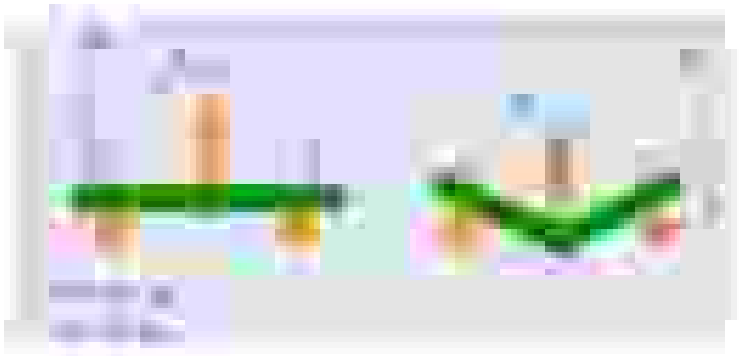


Obr. 11 Potrubná vzorka č. 1 - charakter lomovej plochy - detaily

Lokalizácia lomu a charakter lomových plôch zvarových spojov potrubnej vzorky č. 2 boli obdobné ako pri potrubnej vzorke č. 1. Výsledkom ťahovej skúšky je okrem stanovenia priemernej hodnoty medze pevnosti zvarového spoja aj výpočet tzv. krátkodobého faktora v ťahu. Ten predstavuje pomer priemernej hodnoty medze pevnosti zvarového spoja ku priemernej hodnote medze pevnosti základného materiálu rúry. Pre daný spôsob zvárania (zváranie horúcim telesom na tupo) a typ materiálu (HDPE) je kriteriálna hodnota stanovená na základe normy EN 12814-8 na $\mathbf{f_s = 0,9}$. Pre experimentálnu potrubnú vzorku č. 1 – Ø450 x 25,6 mm je priemerná hodnota medze pevnosti základného materiálu $\mathbf{\delta_r = 26,24\ MPa}$ a priemerná hodnota medze pevnosti zvarového spoja $\mathbf{\delta_w = 14,27\ MPa}$, krátkodobý faktor v ťahu je $\mathbf{f_s = 0,54}$ (zvarový spoj nesplnil požiadavku na minimálnu hodnotu 0,9). Pre experimentálnu potrubnú vzorku č. 2 - Ø450 x 17,2 mm bola dosiahnutá priemerná hodnota medze pevnosti základného materiálu $\mathbf{\delta_r = 20,15\ MPa}$, čo je hodnota typická pre HDPE. Priemerná hodnota medze pevnosti zvarového spoja bola $\mathbf{\delta_w = 13,80\ MPa}$, krátkodobý faktor v ťahu bol teda $\mathbf{f_s = 0,68}$. Zvarový spoj nesplnil požiadavku na minimálnu hodnotu 0,9.

4.3. Skúška zvarových spojov ohybom

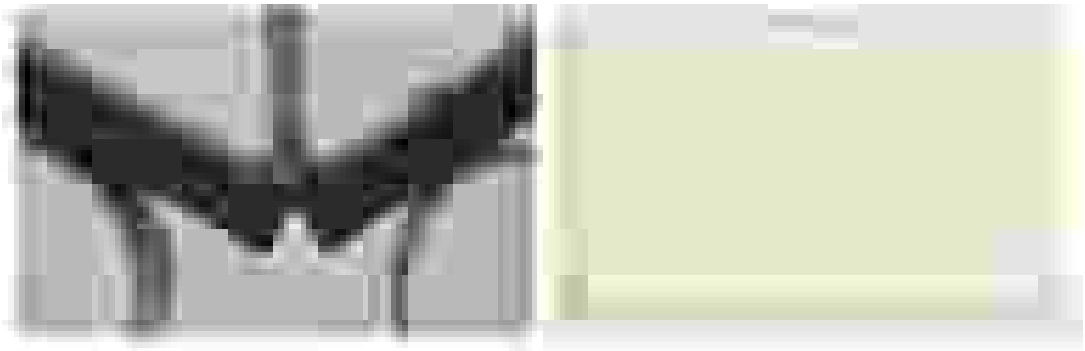
Táto skúška sa vykonala podľa podľa EN 12814-1 [13]. Využíva sa pre posúdenie spoľahlivosti zvarových spojov zváraných na tupo. Skúšobné teleso sa deformuje ohýbaním konštantnou rýchlosťou. Vyhodnocuje sa ohybový uhol (posuv priečnika) a vzhľad lomu. Pre daný typ materiálu a spôsob zvárania sú stanovené minimálne uhly ohybu podľa EN 12814-8 [16] (obr. 12). Skúšobné vzorky boli zaťažované bočným ohybom, hrúbka vzorky bola preto stanovená na 10 mm. Pre materiál HDPE a zváranie na tupo pre hrúbku materiálu t = 10 mm je minimálny uhol ohybu α = 110° a minimálna veľkosť posunu priečnika bez prítomnosti trhlín, resp. lomu je H = 37,5 mm.



Obr. 12 Schematické znázornenie minimálneho uhla ohybu a posuvu priečnika pri skúške ohybom zvarového spoja

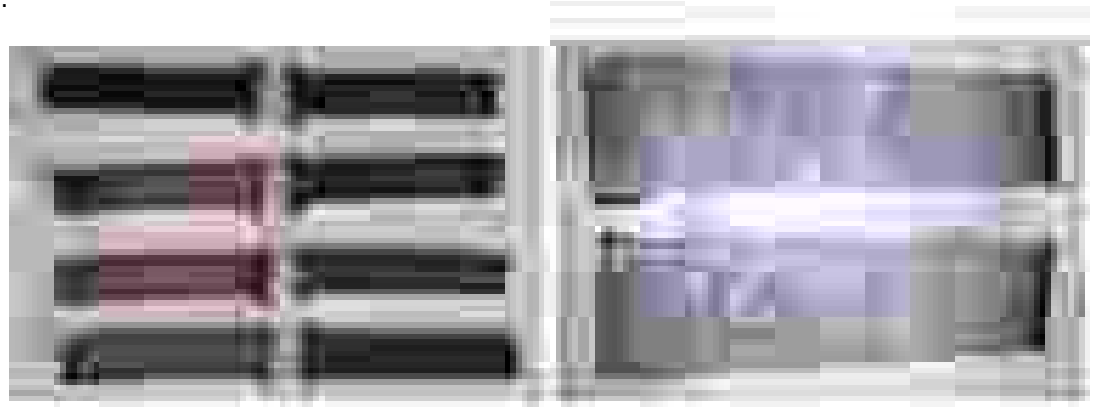
Skúška sa vykonáva trojbodovým zaťažovaním, vzhľadom na hrúbku materiálu pri oboch potrubných vzorkách sa telieska zaťažovali bočným ohybom. Na obr. 13 je znázornené skúšobné teleso pri skúške bočným ohybom, rovnako aj priebeh zaťažujúcej sily a posunu priečnika odobraté z potrubnej vzorky č. 2 - Ø450 x 17,2. K úplnemu lomu došlo okamžite, bez fázy tečenia materiálu a to pri posune priečnika o H = 6,8 mm. Obdobný charakter porušenia mali pri skúške aj ostatné telieska odobraté z potrubnej vzorky č. 1 (4 kusy)

a potrubnej vzorky č. 2 (4 ks). Zároveň, všetky nesplnili podmienku minimálneho uhla ohybu, resp. posunu priečnika bez prítomnosti trhlín, resp. lomu.



Obr. 13 Skúšobné teliesko potrubnej vzorky č. 2 pri skúške bočným ohybom a priebeh zaťažujúcej sily a posunu priečnika pri tejto skúške

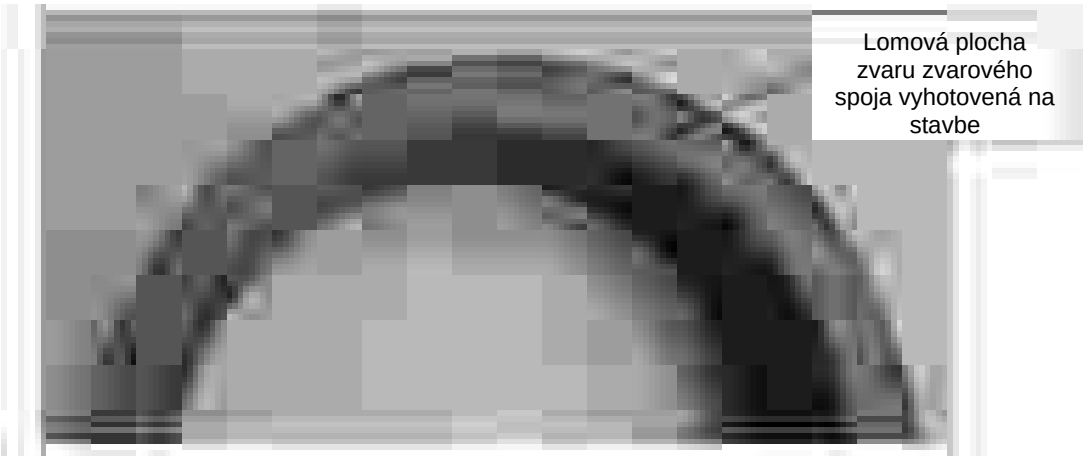
Na obr. 14 sú znázornené telieska potrubnej vzorky č. 1 po skúške ohybom a lomové plochy jedného zo skúšobných telies. K lomu došlo v centrálne časti zvarového spoja. Obodbný charakter bol pozorovaný pri všetkých telesách potrubnej vzorky č. 2 po skúške ohybom. Lomové plochy pri všetkých skúšobných telesách po skúške bočným ohybom mali obdobný charakter, ako lomové plochy zvarov po skúške ťahom. Príčina je zrejme obdobná a to slabá adhézia jednotlivých lamiel primárneho materiálu a tzv. „bielych okien“.



Obr. 14 Skúšobné telieska potrubnej vzorky č. 1 po skúške bočným ohybom

4.4. Hodnotenie lomovej plochy potrubnej vzorky č. 3

Na analýzu bola dodaná aj potrubná vzorka č. 3 - Ø450 x 25,6 mm, ktorá bola zvarená na tupo priamo na stavbe. Pri inštalácii potrubia došlo k lomu v zvarovom spoji (dodaná bola iba jedna časť zlomeného zvaru – obr. 15). Vzhľadom k tomu, že zvar praskol na stavbe, lomová plocha bola kontaminovaná nečistotami s lokálnymi „oderkami“ v mieste lomu. Napriek tomu možno konštatovať, že charakter lomovej plochy (obr. 16 a obr. 17) je podobný ako charakter lomových plôch po ťahovej skúške dielensky zvarených zvarov.



Obr. 15 Snímka výrezu zvarového spoja, ktorý bol zhotovený na stavbe, kde pri inštalácii praskol



Obr. 16 Snímka detailu makroštrukúry potrubnej vzorky č. 3 – prasknutý zvar na stavbe



Obr. 17 Snímka detailu makroštrukúry potrubnej vzorky č. 3 – prasknutý zvar na stavbe

5. Záver

Vzhľadom na charakter lomových plôch zo skúšky ťahom a ohybom, podporené makroskopických a mikroskopickým hodnotením zvarových spojov je možné vysloviť hypotézu, že príčinou nevyhovujúcich vlastností zvarových spojov je zrejme samotný základný materiál rúry. Možno uvažovať o nehomogénnom rozložení jednotlivých komponentov materiálu rúry, predovšetkým primárneho polyetylénového materiálu a aditív vo forme antioxidantov a UV stabilizátorov v tavenine pri vytláčaní polotovaru rúry. Tieto aditíva sú nevyhnutné ako stabilizačné opatrenia proti tepelnému rozkladu a fotodegradácii. Najčastejšou technikou je použitie sadzí (CB – carbon black), je to najekonomickejšie riešenie na zabránenie fotodegradácii polyetylénu v dôsledku vystavenia UV žiareniu. Vplyv veľkosti a disperzie CB častíc na kvalitu zvarových spojov a ich mechanických vlastností je dosť výrazný. Pri nesprávnej homogenizácii taveniny v extrúderi pri výrobe polotovaru, vznikajú pri metalografickom hodnotení na pozorovanej ploche svetlé a tmavé línie, resp. víry, ktoré sú v odbornej literatúre často popisované a nazývajú sa „windows - okná“. Podobné efekty boli pozorované aj na analyzovaných zvarových spojoch v tomto článku. Nedokonalá adhézia na rozhraní týchto dvoch fáz (primárny materiál a „okná“) by mohla byť príčinou malej pevnosti zvarových spojov, keďže pri tupom zvare sú tieto okná smerované kolmo k povrchu zvaru, teda kolmo na smer zaťaženia. Pri ťahových skúškach základného materiálu sú tieto „okná“ rozložené rovnobežne s povrchom zvaru (v smere zaťažujúcej sily), teda pri vonkajšom zaťažení sa ich účinok výrazne neprejaví. Dochádza iba k efektu delamelácie (oddeľovania jednotlivých vrstvičiek materiálu) pri zachovaní dostatočnej pevnosti typickej pre HDPE materiál. Nie je však možné vylúčiť, že nevyhovujúce výsledky kvality zvarových spojov mohla spôsobiť aj kombinácia základného materiálu a samotnej technológie zvárania, kedže analyzované boli už dodané zvarové spoje. Taktiež je dôležité poznamenať, že deklarácia zvariteľnosti HDPE materiálu iba na základe indexu toku taveniny MFR nie je dostatočná. Mali by sa požadovať doplňujúce skúšky, ktoré vyplývajú z požiadaviek pri schvaľovaní postupov zvárania (TPP 921 01). Pri polyetyléne sa javí vhodné aj doplnenie skúšky ohybom zvarového spoja nad rámec požadovaných skúšok.

Použitá literatúra

[1] Suleyman Deveci, Nisha Antony, Birkan Eryigit, Effect of carbon black distribution on the properties of polyethylene pipes - Part 1: Degradation of post yield mechanical properties and fracture surface analyses, Polymer Degradation and Stability, Volume 148, 2018, Pages 75-85, ISSN 0141-3910, https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2018.01.011

[2] Suleyman Deveci, Nisha Antony, Sulistiyanto Nugroho, Birkan Eryigit, Effect of carbon black distribution on the properties of polyethylene pipes part 2: Degradation of butt fusion joint integrity, Polymer Degradation and Stability, Volume 162, 2019, Pages 138-147, ISSN 0141-3910, https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2019.02.015

[3] Judith Sinic, Morphologische Charakterisierung von extrudierten Polyethylen/Polypropylen-Platten, Thesis / Studienabschlussarbeiten und Habilitationsschriften › Masterarbeit Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe (210), https://pure.unileoben.ac.at/de/publications/morphologische-charakterisierung-von-extrudierten-polyethylenpoly

[4] E. Kovács, Z. Wolkober, The e□ect of the chemical and physical properties of carbon black on the thermal and photooxidation of polyethylene, J. Polym. Sci., Polym. Symp. 57 (2007) 171–180, http://dx.doi.org/10.1002/polc.5070570120.

[5] M. Liu, A.R. Horrocks, E□ect of carbon black on UV stability of LLDPE films under artificial weathering conditions, Polym. Degrad. Stabil. 75 (2002) 485–499, http://dx.doi.org/10.1016/S0141-3910(01)00252-X.

[6] LEŽDÍK, V. – KOŇÁR, R. – KOREŇOVÁ, N. (2020). Opravy plynovodných potrubí vykonávané technológiou zvárania. Turany: Inštitút kvality a vzdelávania, s.r.o., 2020, 166 s., ISBN 978-80969599-3-8.

[7] Test materiálu HDPE rúr. Technická správa. SimulPlast s.r.o. Poprad. Publikované 23.2.2024.

[8] STN EN 1555-1 Potrubné systémy z plastov na zásobovanie plynnými palivami. Polyetylén (PE). Časť 1: Všeobecne

[9] STN EN 1555-2 Potrubné systémy z plastov na zásobovanie plynnými palivami. Polyetylén (PE). Časť 2: Rúry

[10] STN EN 13100-1 Nedeštruktívne skúšanie zváraných spojov polotovarov z termoplastov. Časť 1: Vizuálna kontrola

[11] STN EN 14728 Chyby zvarových spojov termoplastov. Klasifikácia

[12] STN EN 16296 Chyby zvarových spojov termoplastov. Úrovne kvality

[13] STN EN 12814-1 Skúšanie zváraných spojov polotovarov z termoplastov. Časť 1: Skúška ohybom

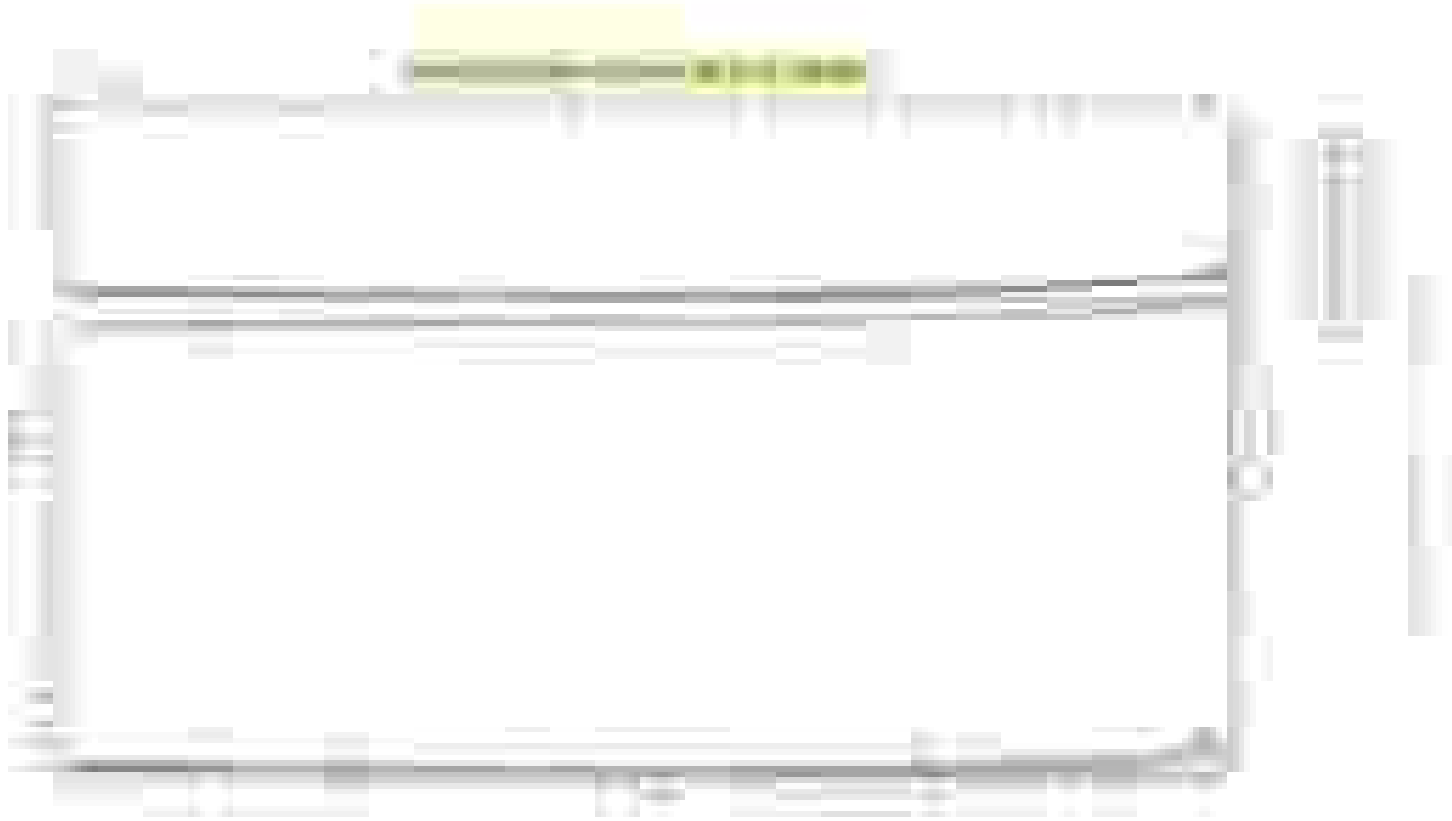
[14] STN EN 12814-2 Skúšanie zváraných spojov polotovarov z termoplastov. Časť 2: Skúška ťahom

[15] STN EN 12814-5 Skúšanie zváraných spojov polotovarov z termoplastov. Časť 5: Makroskopické skúšanie

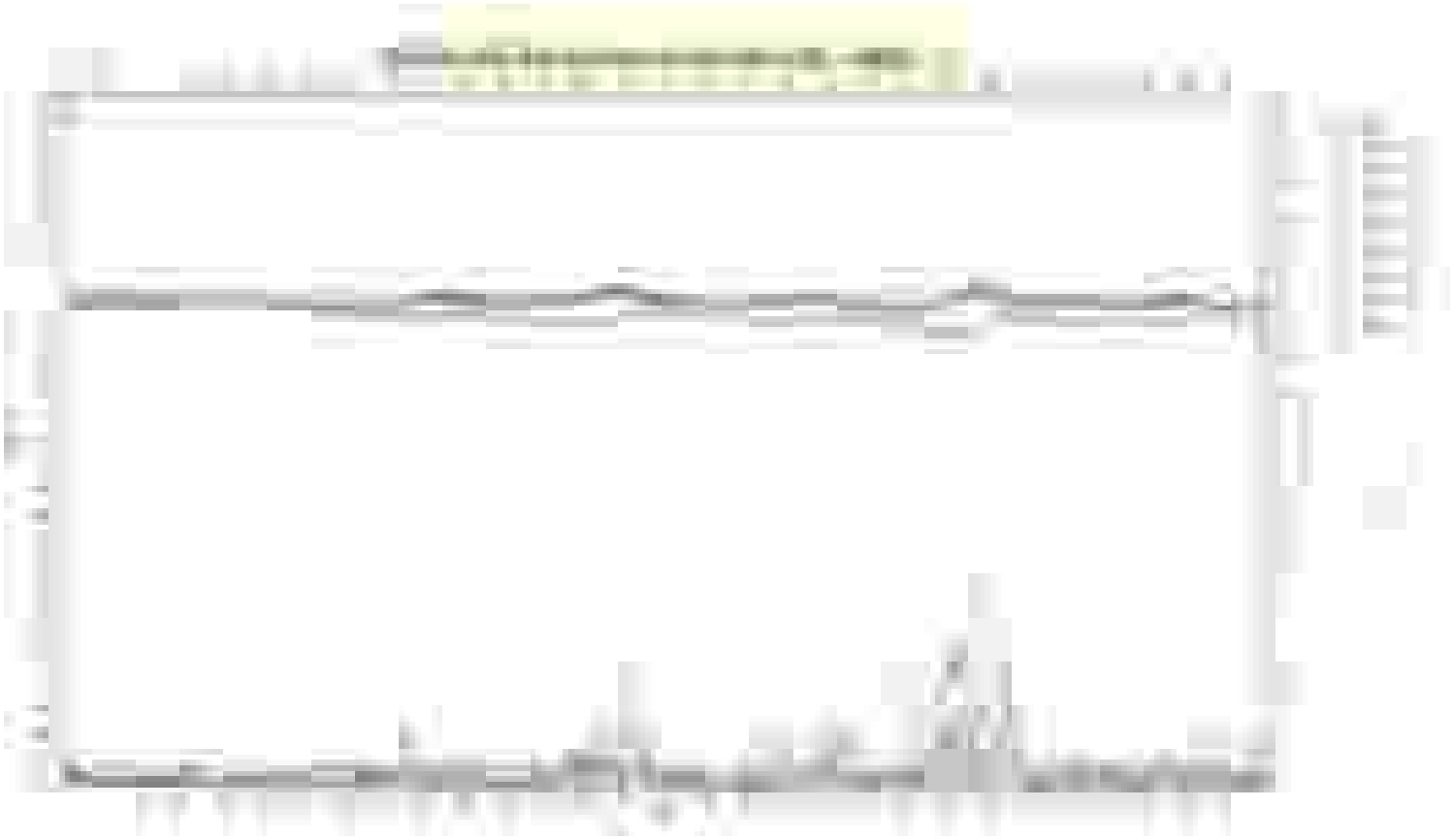
[16] STN EN 12814-8 Skúšanie zváraných spojov polotovarov z termoplastov. Časť 8: Požiadavky

[17] TPP 921 01 - Tvorba WPS a rozsahy WPQR pre zváranie termoplastov v plynárenstve

Ukázka postupu koroze u nosných lan - Ostrava

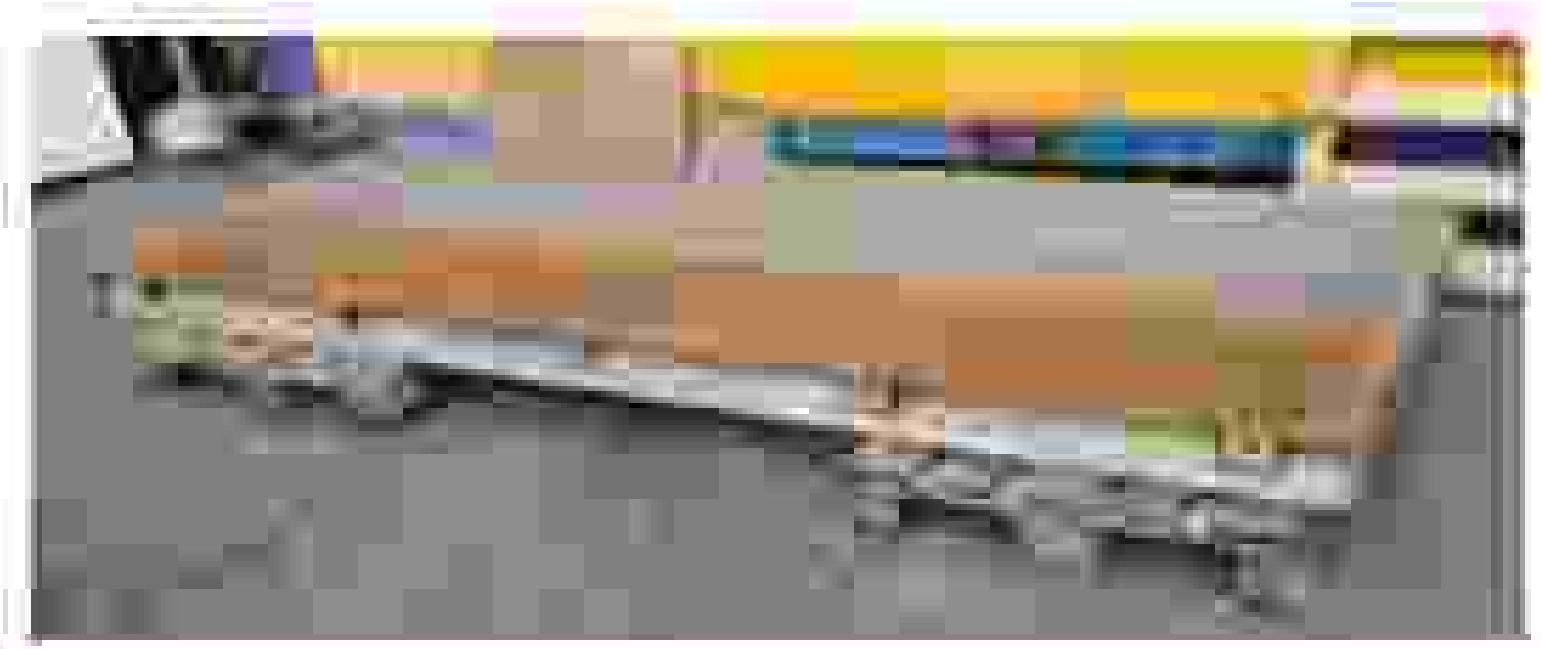








Únavové zkoušky ocelového panelu mostovky montovaného mostu přes Labe



Prvek desky mostovky uložen ve zkušebním rámu v přirozené poloze - horním (pojížděným) povrchem směrem nahoru.

Působení dvojice kol zadní nápravy nákladního automobilu bylo modelováno pomocí 2 elastomerových profilů, které byly přes roznášecí ocelový nosník cyklicky zatěžovány hydraulickým lisem.

Panel byl cyklicky zatěžován dvojicí tlakových sil v rozsahu 1kN až 67 kN působících v místě elastomerů.

Zatěžování probíhalo po etapách, každá etapa cca 10 000 cyklům zatížení

Po ukončení každé etapy byla provedena inspekce prvku a stanoven rozsah vzniklého poškození.



Aplikace metody akustické emise na sledování vzniku a rozvoje poškození

Na desku instalováno celkem 8 sond AE

Sondy instalovány v obdélníkové měřící síti o rozměru 930 x 460 mm na jednu polovinu desky do oblasti 2 elastomerových profilů, které modelovaly dvojici kol zadní nápravy nákladního automobilu

Rozmístění sond v síti umožňovalo lokalizaci zdroje emisního signálu uvnitř měřící sítě sond AE



Výsledky měření AE při cyklickém zatěžování

Na desku mostovky bylo aplikováno celkem 75 000 zatěžovacích cyklů

Výsledky měření AE jsou rozděleny do 4 etap

1. etapa - 1.11.2024 - 1 ÷ 20 000 cyklů
2. etapa - 13.11.2024 - 20 001 ÷ 50 000 cyklů
3. Etapa - 26.11.2024 - 50 001 ÷ 60 000 cyklů
4. Etapa – 11.12.2024 - 60 001 ÷ 75 000 cyklů

Výsledky ve formě lokalizačních mapy a časových průběhů emisní aktivity a amplitudy emisních událostí jednotlivých emisních zdrojů

Do výsledků nezahrnuta lokalizovaná emisní aktivita z obou konců desky
Vedle reálných emisních EU od poškozování je zde vysoká rušivá emisní aktivita od pohybu desky po ocelových tyčích na konci desky, které umožňovaly podélnou dilataci desky při cyklickém zatěžování.



Časový průběh emisní aktivity a amplitudy EU, 1. etapa zatěžování , 1 ÷ 10 000 cyklů



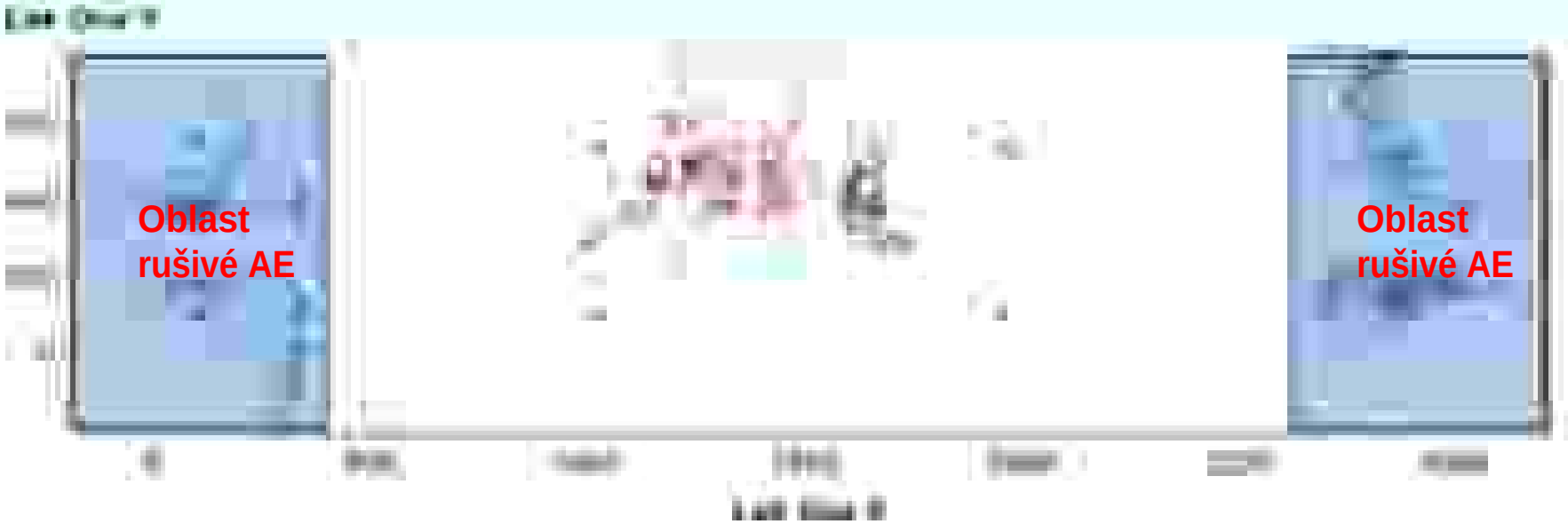
Mapa lokalizace , 1. etapa zatěžování - 6 000 cyklů.



Mapa lokalizace - 1. etapa – 1 – 20 000 cyklů



Mapa lokalizace - 2. etapa – 20 001– 50 000 cyklů



Mapa lokalizace - 3. etapa – 50 001– 60 000 cyklů



Mapa lokalizace - 4. etapa – 60 001 – 75 000 cyklů

Emisní zdroj	1.etapa	2.etapa	3.etapa	4.etapa
Z1	5	3	0	178
Z2	1	1	346	110
Z3	15	1	79	125
Z4	24	2	105	329
Z5	231	7	99	430
Z6	999	10	709	89

Přehled emisní aktivity (počet EU) zdrojů Z1 až Z6 v jednotlivých etapách zatěžování

V tabulce uvedeny počty lokalizovaných emisních událostí s amplitudou 45 dB a větší

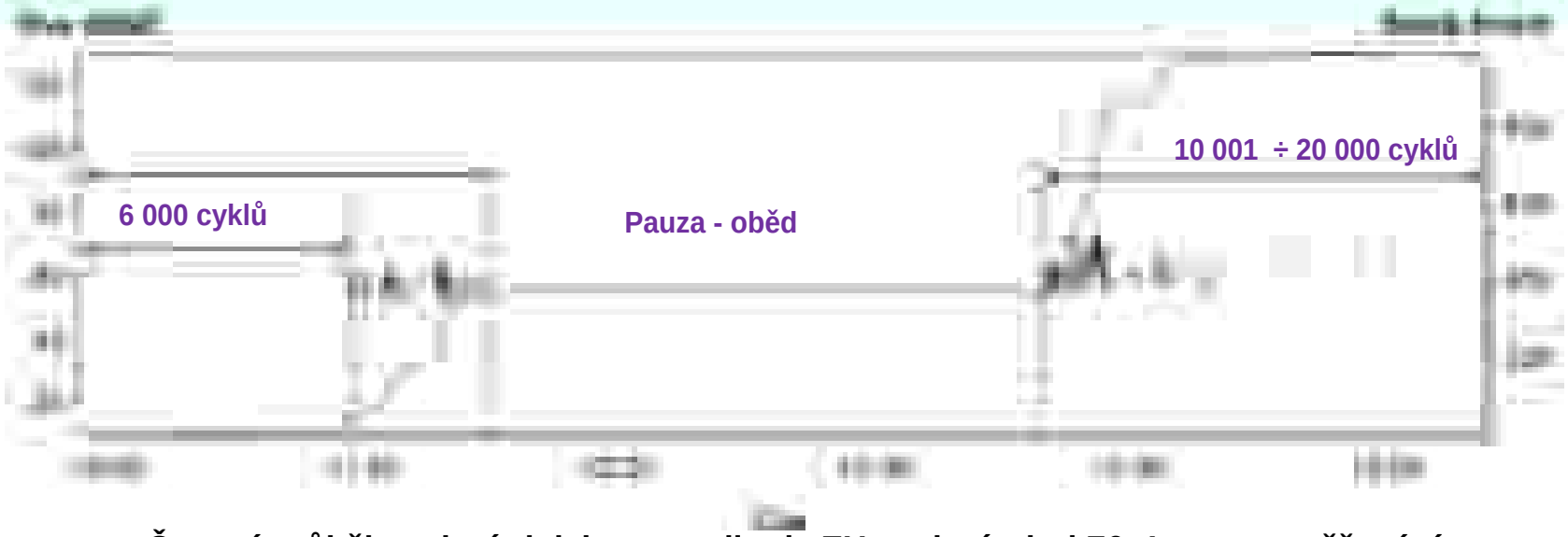
Emisní zdroje Z1 ÷ Z6

- **Rozdílná emisní aktivita v průběhu jednotlivých etap zatěžování**
- **Rozdílný průběh emisní aktivity v závislosti na počtu aplikovaných zatěžovacích cyklů.**

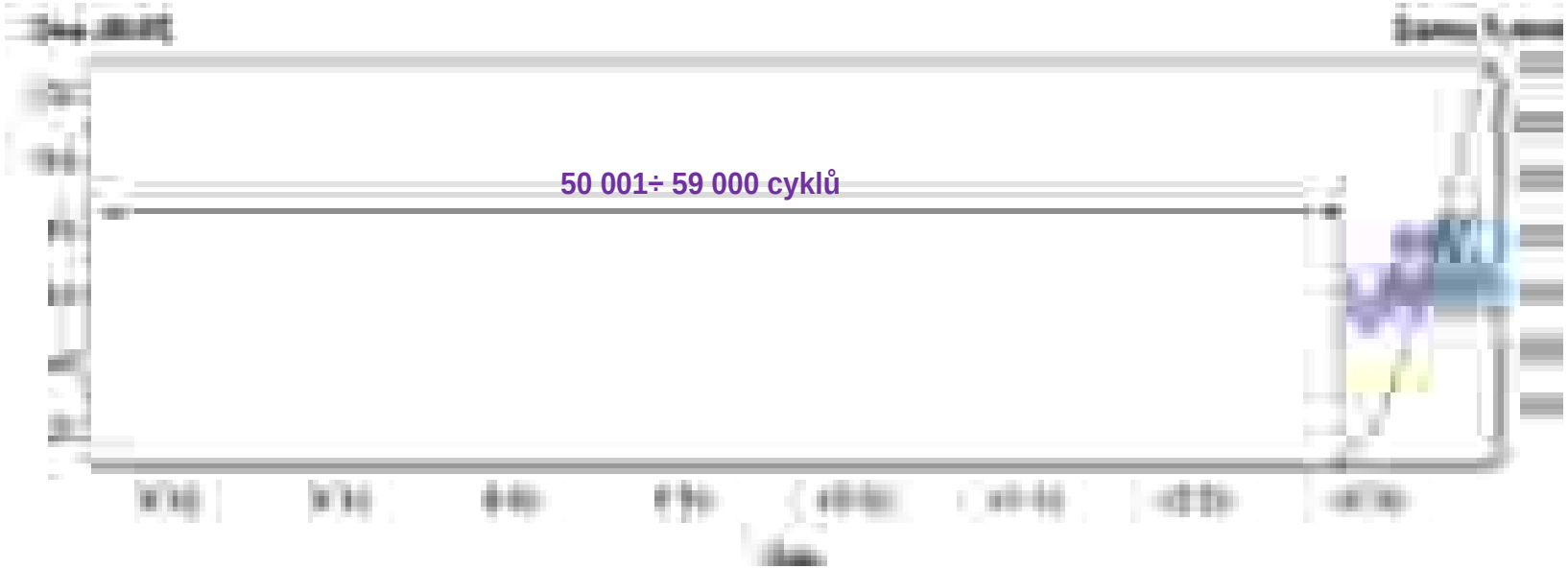
Z hlediska časového dvě skupiny emisních zdrojů

1. Emisní zdroje Z1 až Z4 - výraznější nárůst emisní aktivity až v 3. a 4 . etapě zatěžování, tj. až po aplikaci 50 000 cyklů a více

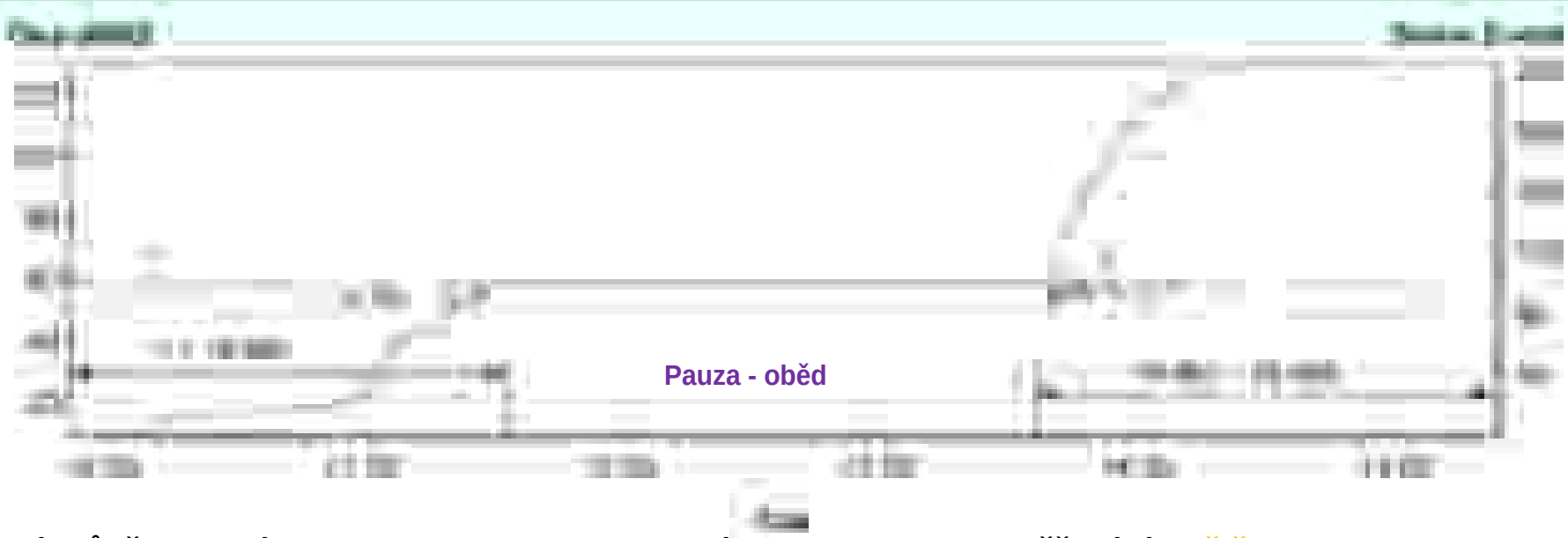
2. Emisní zdroje Z5, Z6 - emisní aktivita detekována již v průběhu 1. etapy zatěžování a s výjimkou 2. etapy byl zvýšený počet emisních událostí detekován i v 3. a 4. etapě zatěžování.



Časový průběh emisní aktivity a amplitudy EU, emisní zdroj Z6, 1. etapa zatěžování



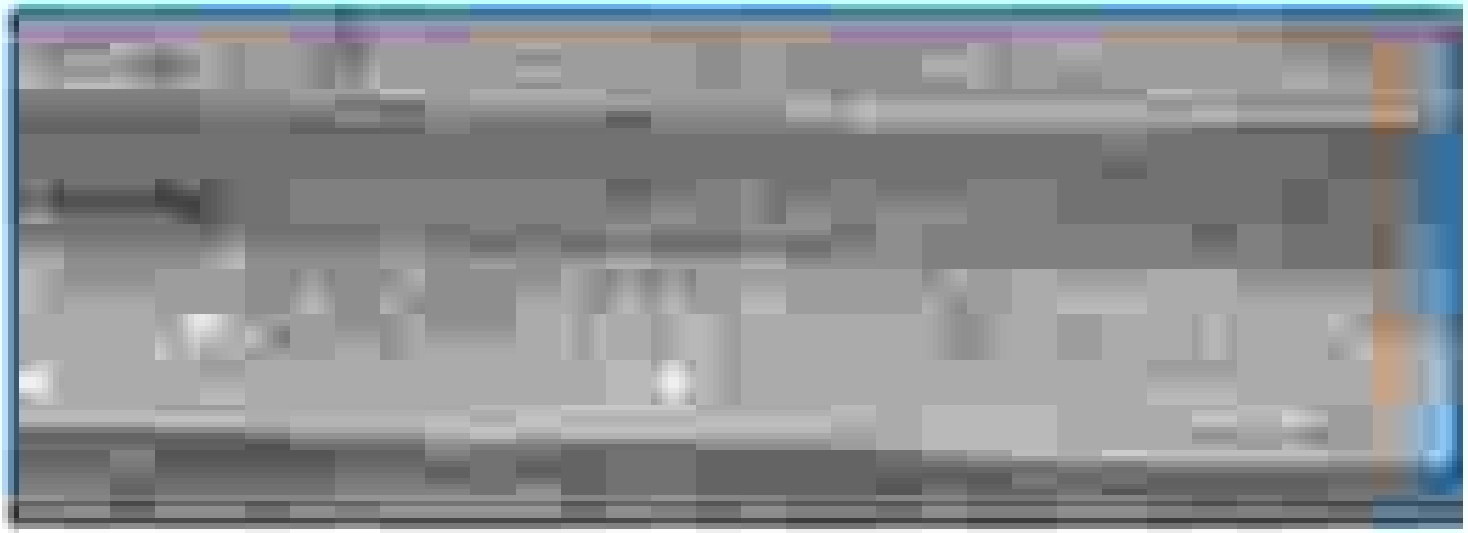
Časový průběh emisní aktivity a amplitudy EU, emisní zdroj Z6, 3. etapa zatěžování , 50 001 ÷ 60 000 cyklů, nárůst intenzivních EU s amplitudou nad 80 dB



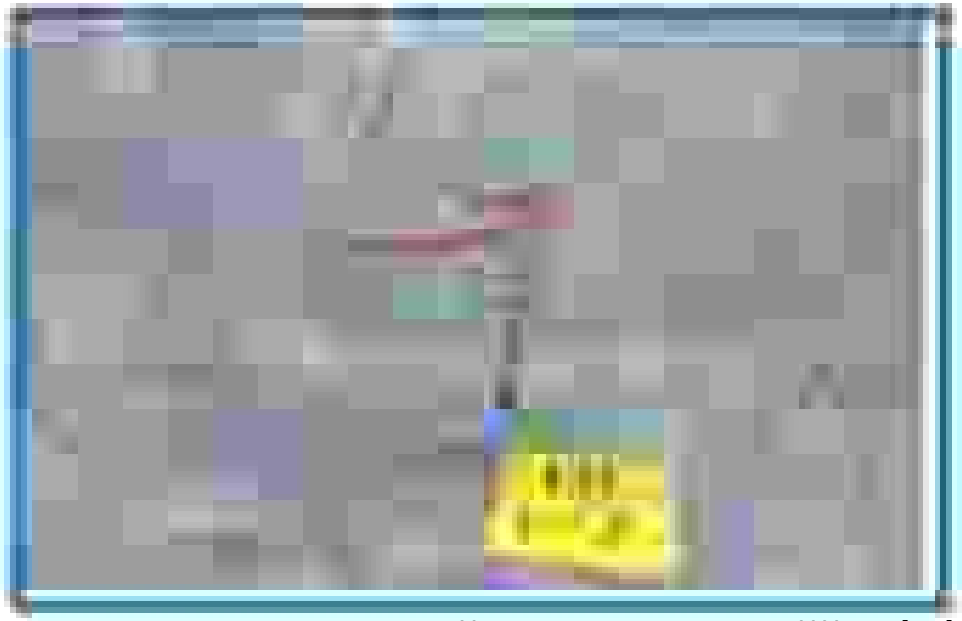
Časový průběh emisní aktivity a amplitudy EU, emisní zdroj Z5, 1. etapa zatěžování – většina EU s amplitudou do 60 dB



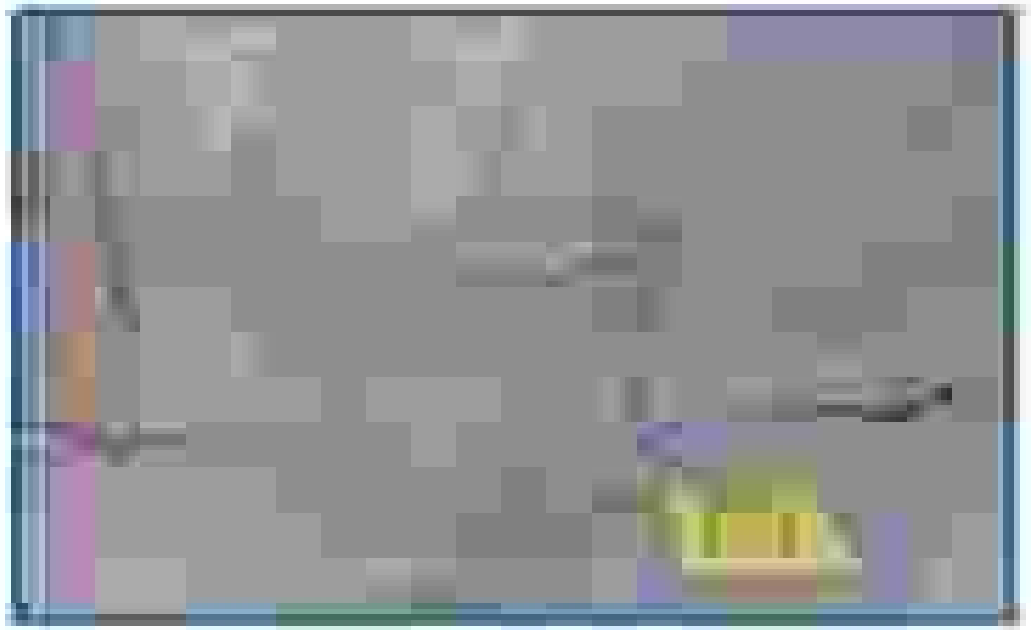
Časový průběh emisní aktivity a amplitudy EU, emisní zdroj Z5, 4. etapa zatěžování – většina EU s amplitudou nad 60 dB



Spodní část panelu s přivařenou výztuhou – přerušovaný svar po délce výztuhy



Trhlina v e svaru RI-I7 před 4. etapou zatěžování



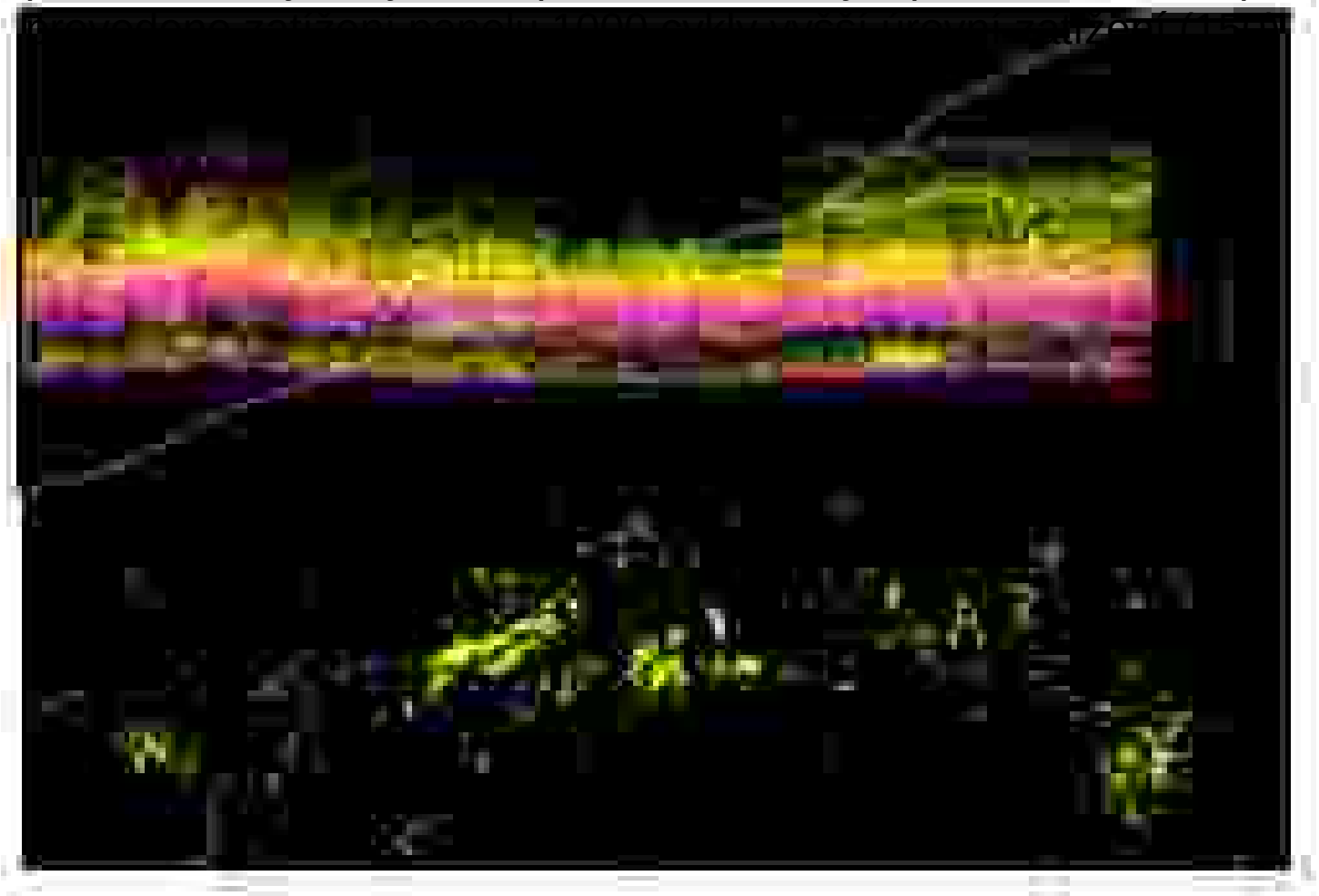
Trhlina v e svaru RI-I7 po 4.etapě zatěžování

Vliv přetěžování na chování trhlin při únavovém zatěžování

Ing. Václav Svoboda

1. Iniciační zatížení

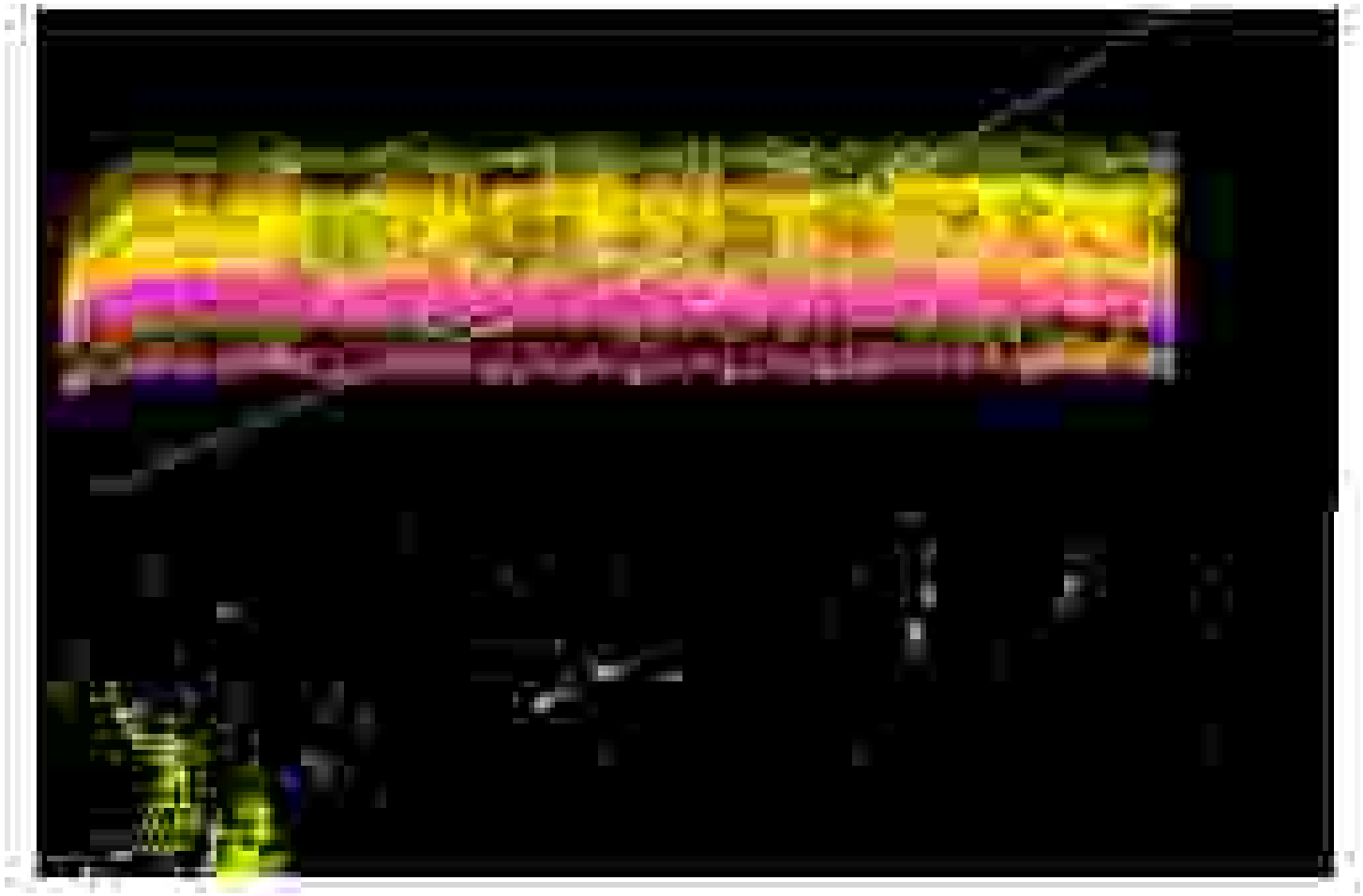
Následující soubor měření v počtu 1000 cyklů navazoval na celkově provedený počet únavových cyklů na panelu mostovky v počtu 325000. V první fázi bylo



Emisní aktivita v prvním cyklu zatížení

2 cyklus zatěžování

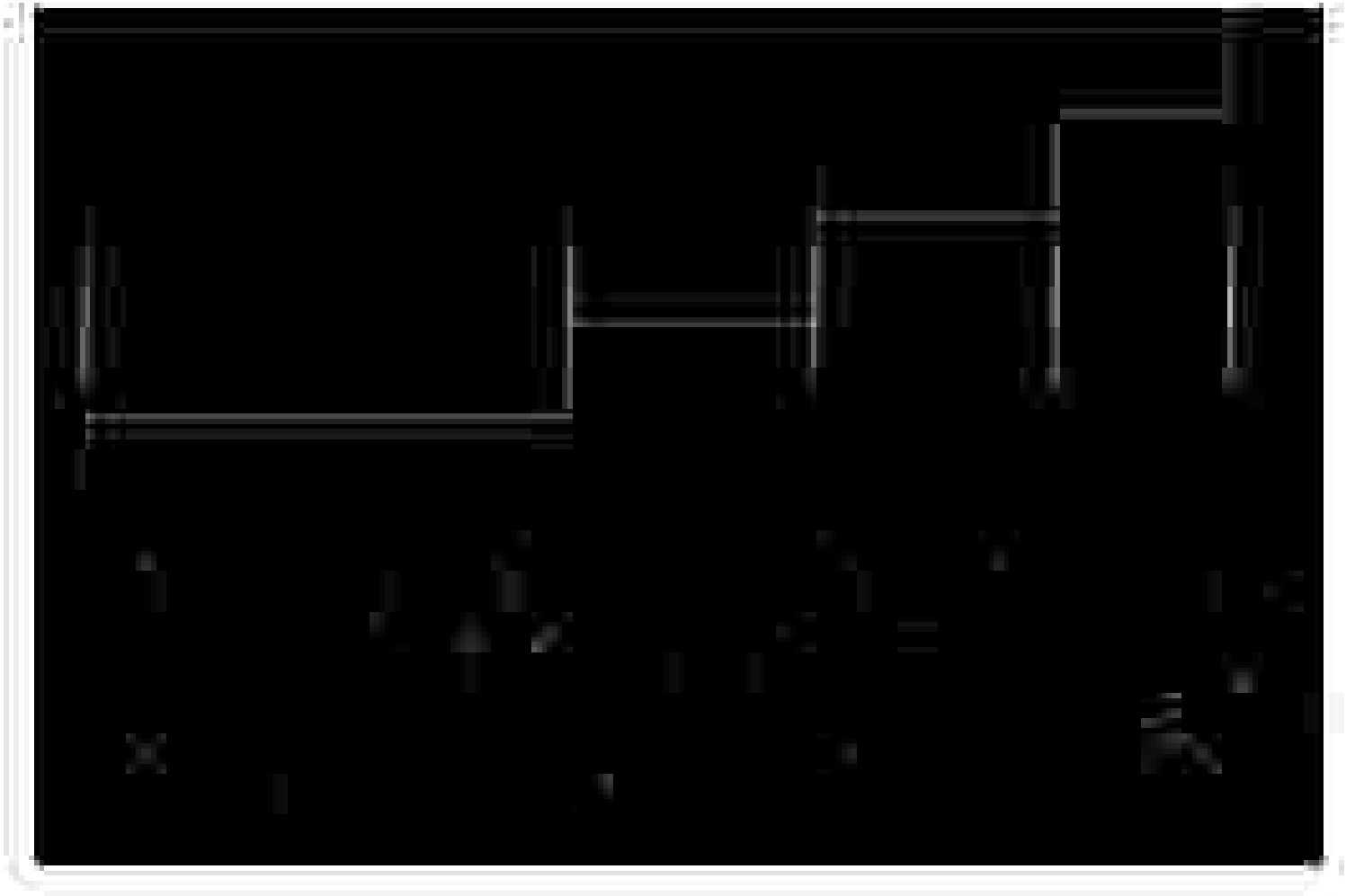
Při druhém cyklu zatížení bylo provedeno 1000 cyklů o nižší úrovni zatížení (134)



Celkový přehled emisní aktivity-2 cyklus

3. 5 přetěžovacích cyklů

bylo provedeno 5 přetěžovacích cyklů na hranici mezi kluzu, s cílem zablokovat trhliny



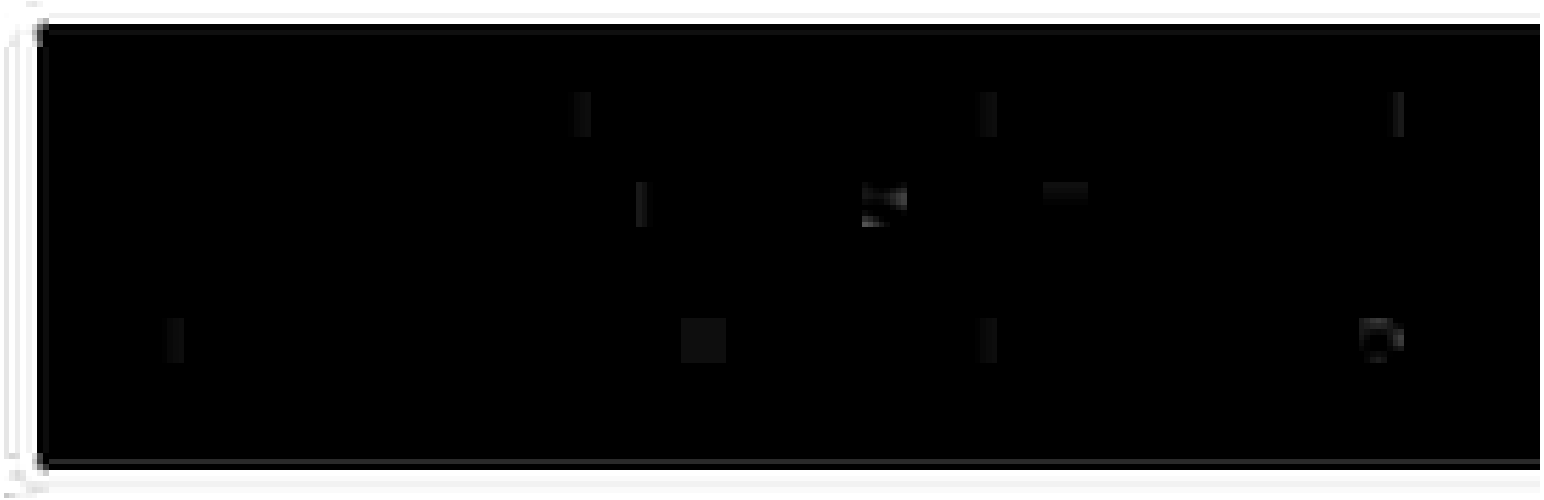
Celkový přehled emisní aktivity-5 přetěžovacích cyklů



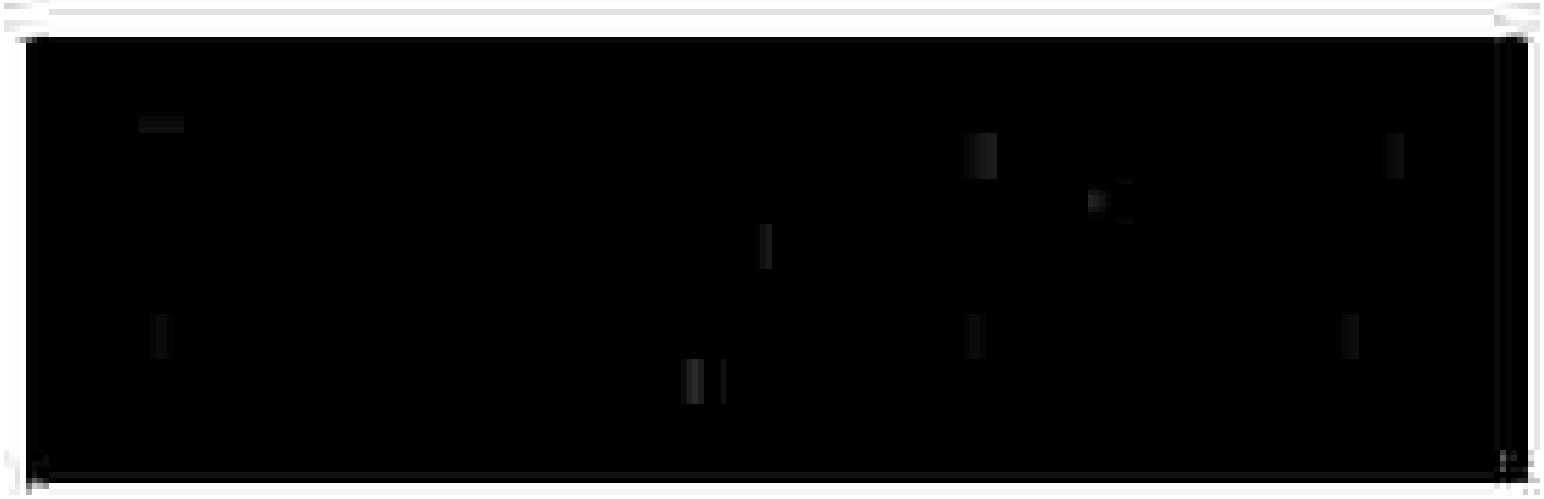
Emisní aktivita 1 přetěžovací cyklus



Emisní aktivita 2 přetěžovací cyklus



Emisní aktivita 3 přetěžovací cyklus



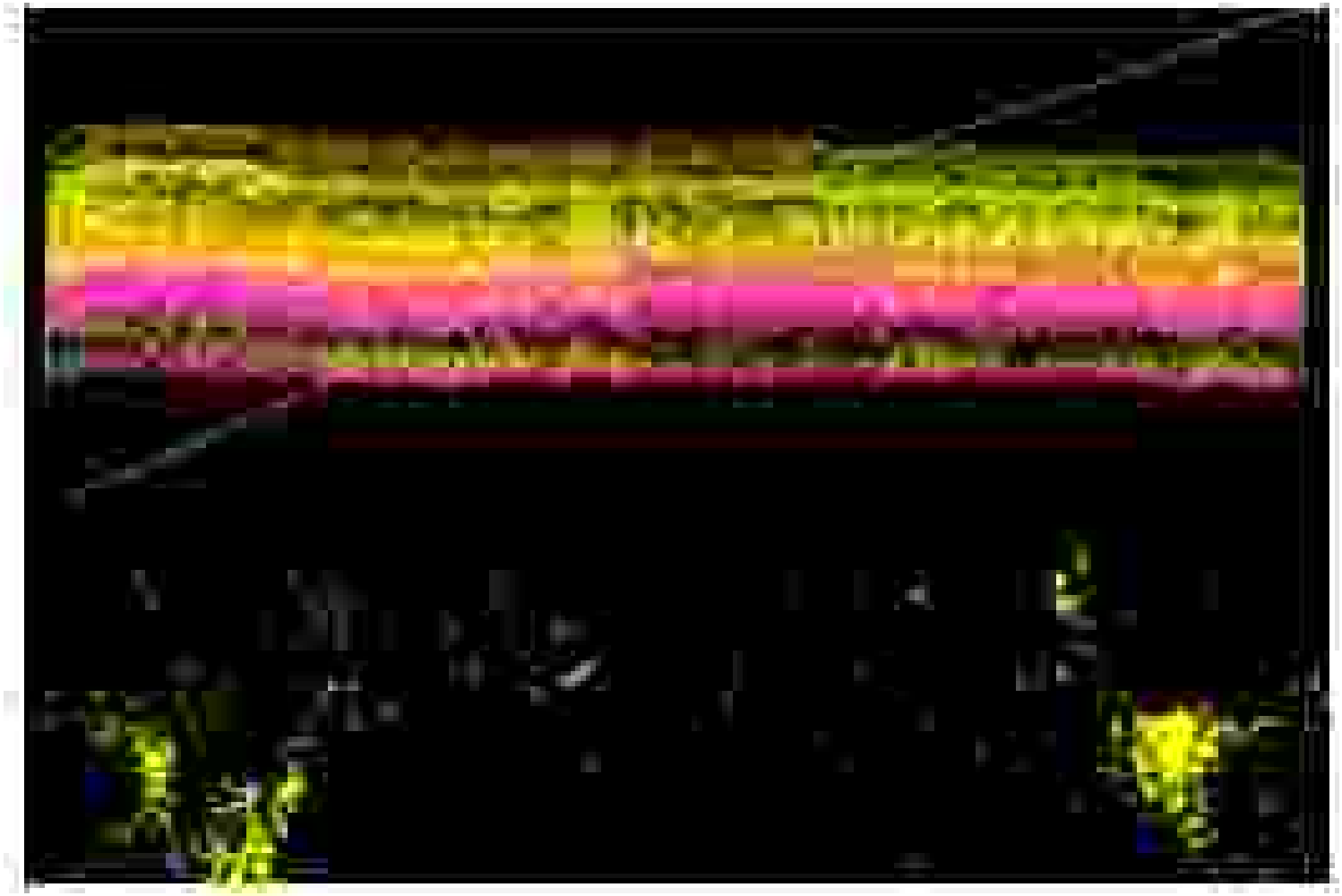
Emisní aktivita 4 přetěžovací cyklus



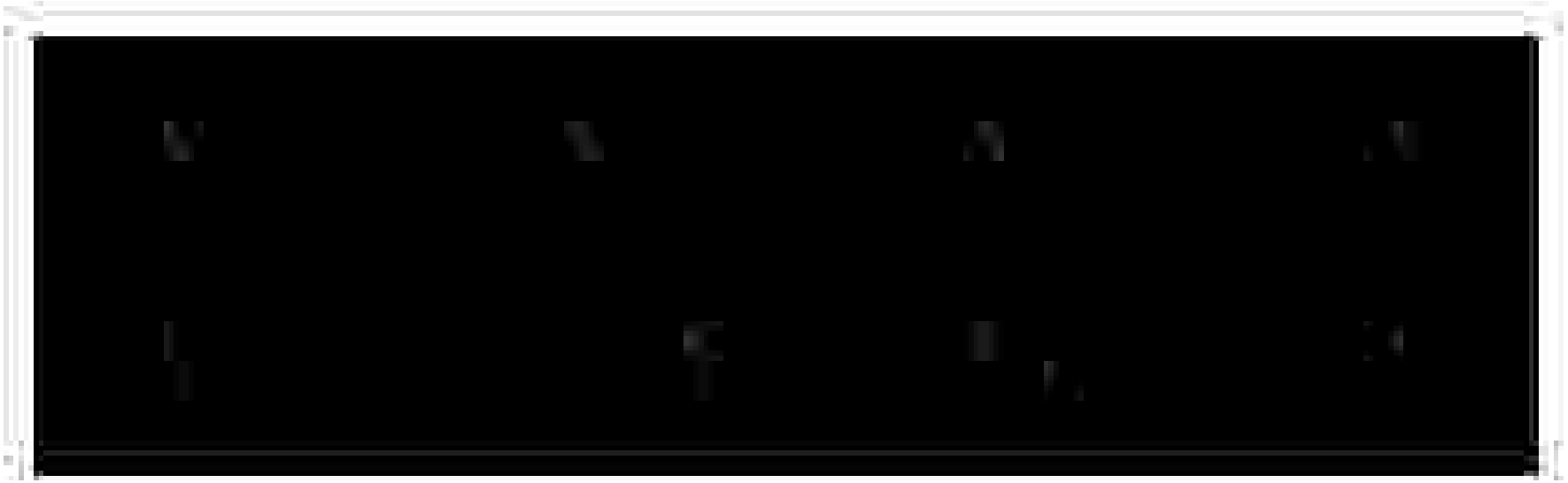
Emisní aktivita 5 přetěžovací cyklus

4. Následné zkoušení za standartních podmínek

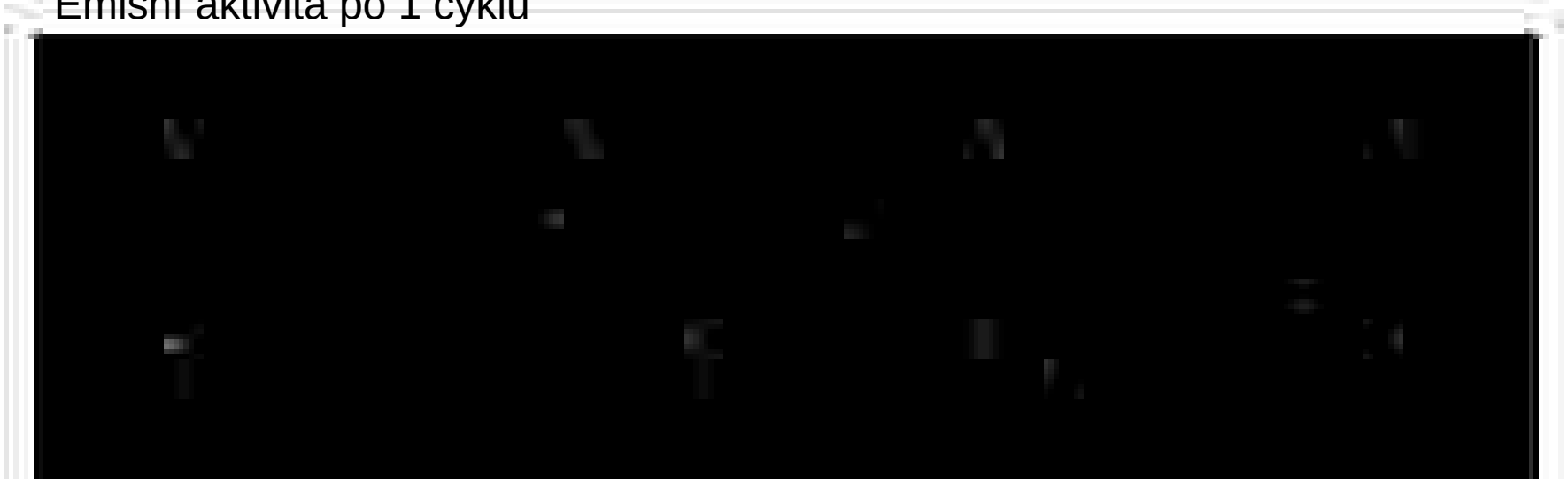
Po cyklech přetížení byly provedeny cykly v počtu 1000 cyklů,
cílem kterých bylo zjistit, zda došlo k zablokování dílčích emisních zdrojů.
Zatížení odpovídalo stavu při cyklování 2 tedy snížením napětí (134)



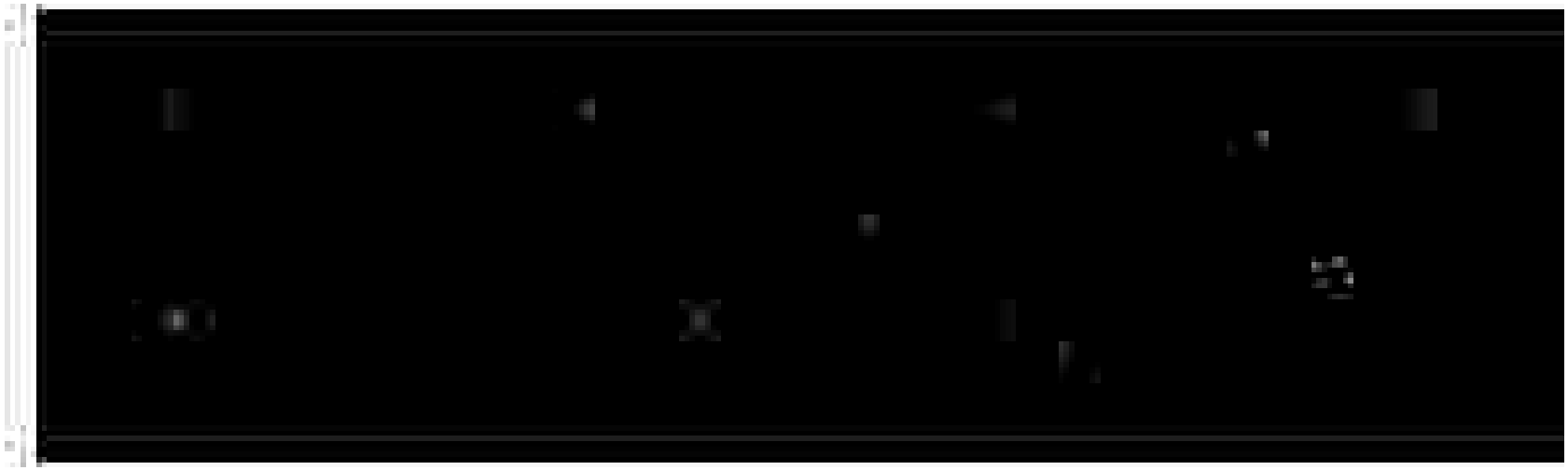
Celková emisní aktivita



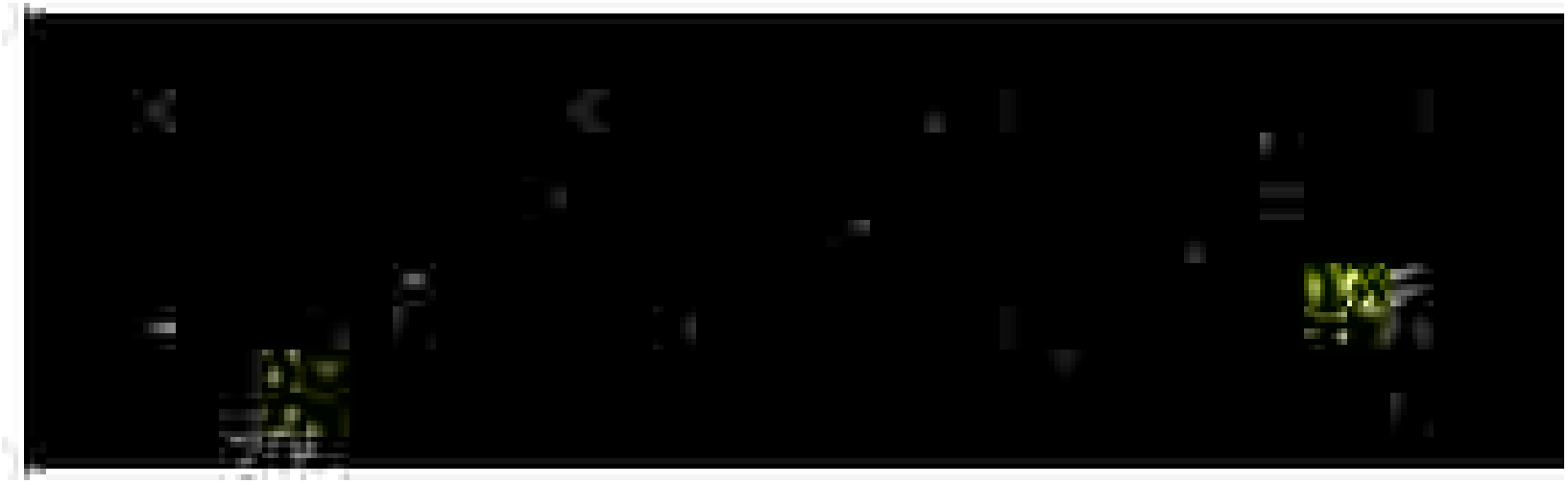
Emisní aktivita po 1 cyklu



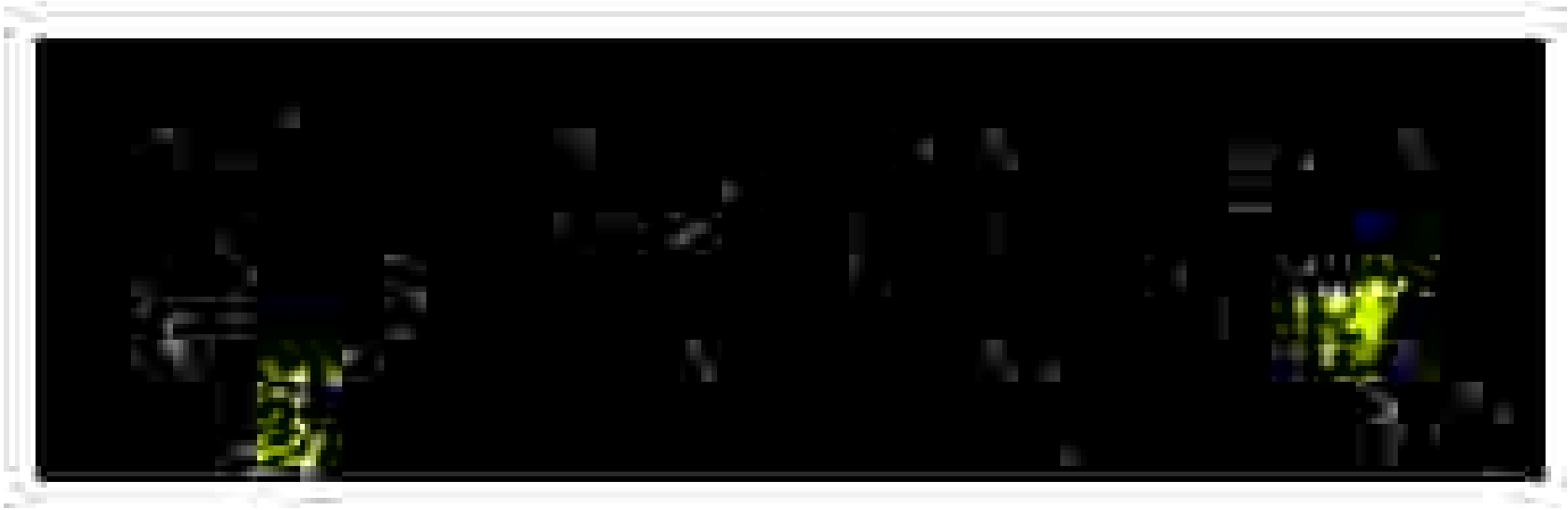
Emisní aktivita po 2 cyklu



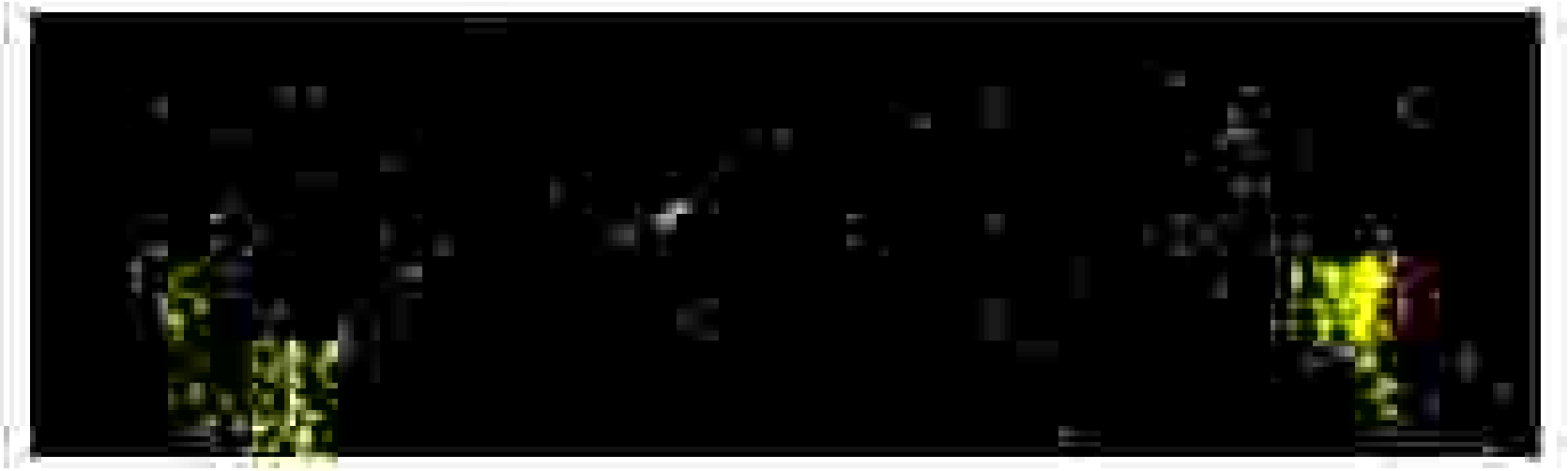
emisní aktivita po 5 cyklech



emisní aktivitay po 100 cyklech



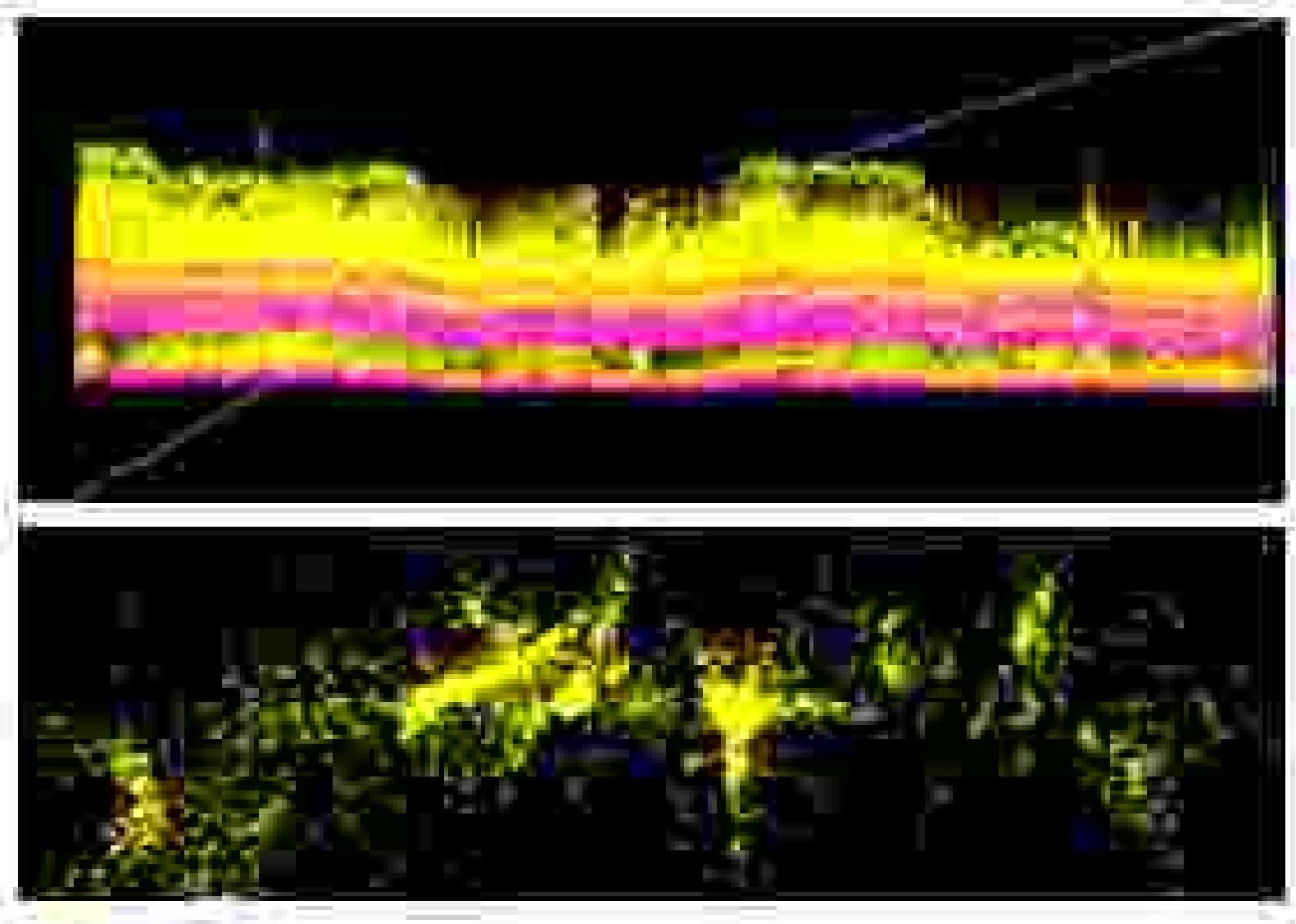
emisní aktivita po 200 cyklech



emisní aktivita po 400 cyklech

5. Pokračování cyklování

Dále bylo provedeno 7000 zatěžovacích cyklů zvýšeným napětím (150).



Děkuji za pozornost!

Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR

ZVÁRANIE Z POHĽADU ZISŤOVANIA PRÍČINY VZNIKU POŽIAROV





POŽIARNOTECHNICKÝ A EXPERTÍZNY ÚSTAV MV SR

História:

- 1. marca 1972 – založenie Požiarnotechnickej stanice MV SSR,
- jún 1989 – rozšírenie činnosti a zmena názvu na **Požiarnotechnický a expertízny ústav,**
- december 1992 – udelenie prvého Osvedčenia o akreditácii č. 71/1992 skúšobni horľavosti PTEÚ,
- Rok 1996 – zriadenie Národného informačného strediska na úseku požiarnej ochrany s pôsobnosťou pre územie celej Slovenskej republiky,

POŽIARNOTECHNICKÝ A EXPERTÍZNY ÚSTAV MV SR - POHĽAD ZHORA NA HLAVNÚ BUDOVU



POŽIARNOTECHNICKÝ A EXPERTÍZNY ÚSTAV MV SR

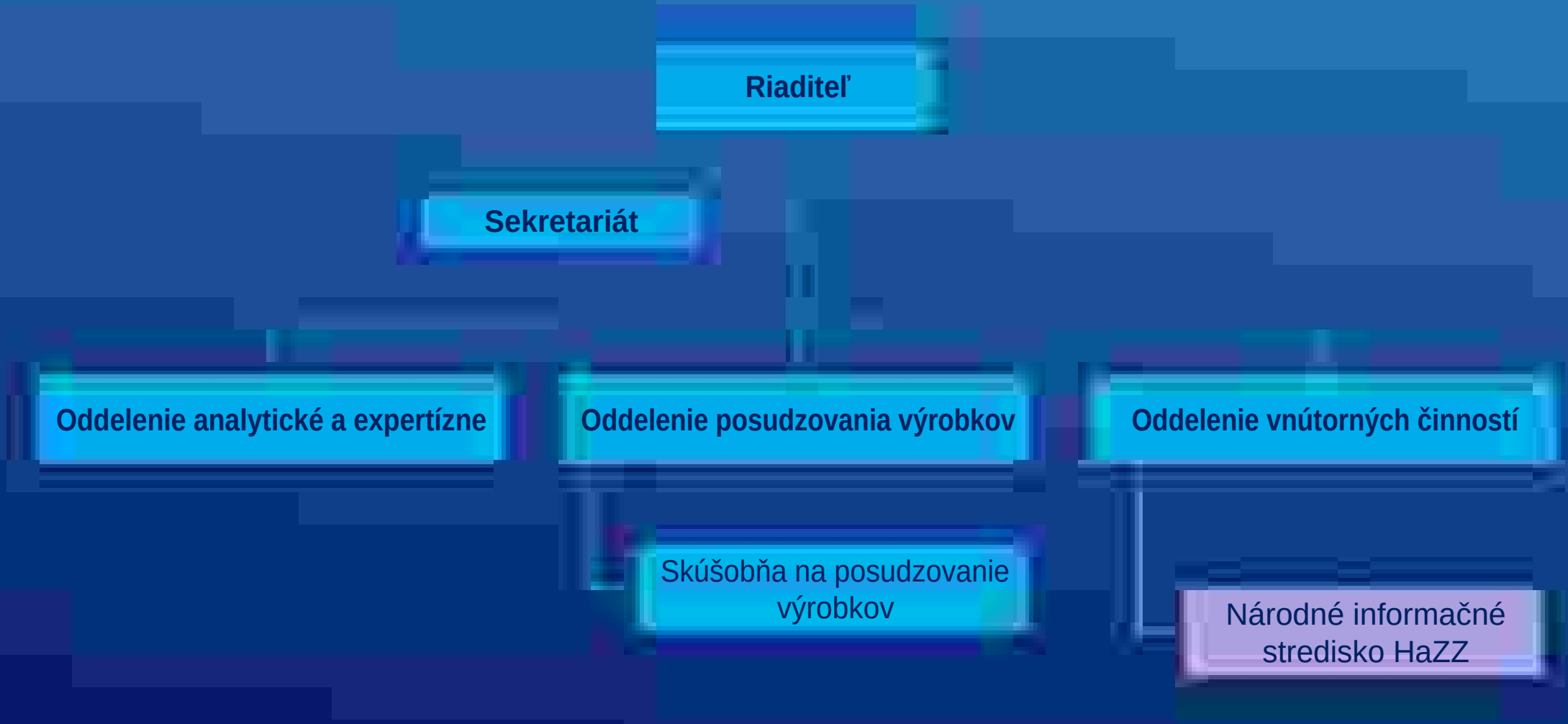
Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR (ústav) je jedným zo zariadení Prezídia Hasičského a záchranného zboru a podieľa sa na plnení úloh Ministerstva vnútra Slovenskej republiky na úseku ochrany pred požiarmi.

Ústav plní úlohy v oblasti:

- analyticko-expertíznych činností k zisťovaniu príčin vzniku požiarov, získavania a spracúvania štatistických údajov o požiarovosti v SR,
- posudzovania materiálov a výrobkov z hľadiska požiarneho nebezpečenstva,
- normalizácie v oblasti protipožiarnej bezpečnosti, získavania, spracúvania a poskytovania odborných informácií z oblasti ochrany pred požiarmi.
- vnútorných činností

POŽIARNOTECHNICKÝ A EXPERTÍZNY ÚSTAV MV SR

ORGANIZAČNÁ ŠTRUKTÚRA



ODDELENIE ANALYTICKÉ A EXPERTÍZNE (OAE)

- vykonáva štátny požiarny dozor na úseku zisťovania príčin vzniku požiarov a štatistického sledovania a vypracúvania rozborov požiarovosti,
- vykonáva zisťovanie príčin vzniku požiarov v obzvlášť závažných prípadoch a poskytuje odbornú a technickú pomoc pri objasňovaní príčin vzniku požiarov,
- zabezpečuje zber údajov o požiaroch v Slovenskej republike a spracúva štatistické rozbory a analýzy vývoja požiarovosti,
- podieľa sa na plnení úloh v oblasti zabezpečovania programového vybavenia pre informačný systém HaZZ na úseku zisťovania príčin vzniku požiaru,
- spracúva požiarnotechnické expertízy,
- spracúva odborné posudky k príčinám vzniku požiarov pre orgány činné v trestnom konaní a pre právnické osoby,
- usmerňuje po odborno–metodickej stránke činnosti krajských a okresných riaditeľstiev HaZZ v oblasti zisťovania príčin vzniku požiarov a štatistického sledovania a vypracúvania rozborov požiarovosti.

ODDELENIE ANALYTICKÉ A EXPERTÍZNE

Jednou z významných úloh oddelenia analytického a expertízneho je vykonávanie zisťovania príčin vzniku požiarov v obzvlášť závažných prípadoch a poskytovanie odbornej a technickej pomoci pri objasňovaní príčin vzniku požiarov.

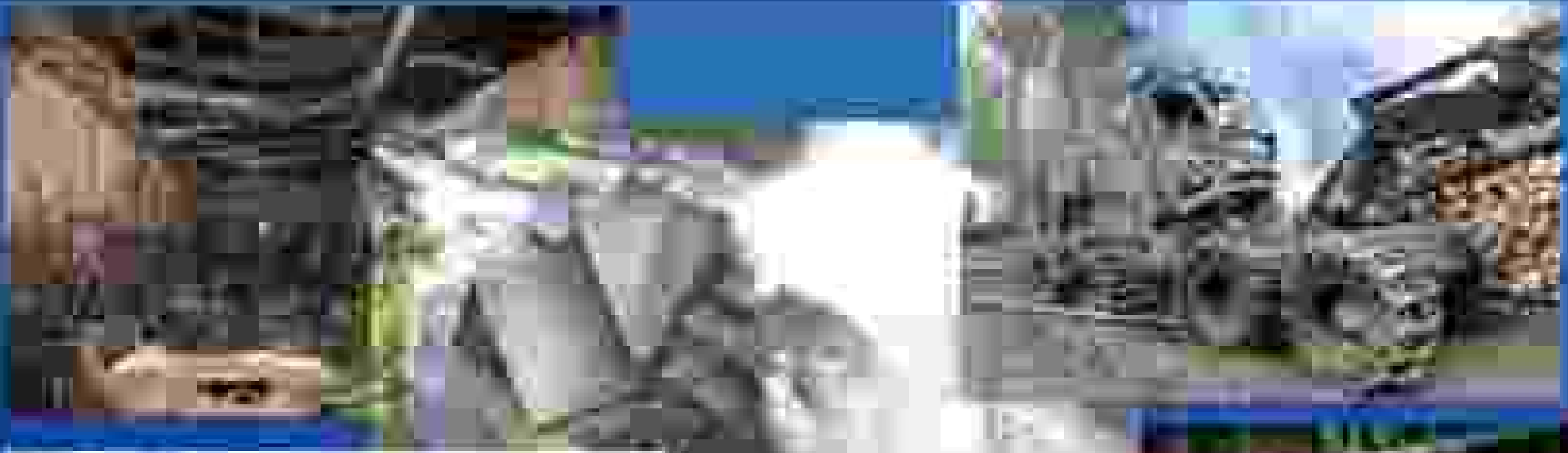
VÝJAZDOVÁ ČINNOSŤ ÚSTAVU ZA ROKY 2020 AŽ 2024

Rok	Požiarnotechnická expertíza	Technická pomoc	Odborné vyjadrenie
2020	36	8	4
2021	30	1	2
2022	44	2	1
2023	33	4	3
2024	43	2	1

VÝJAZDOVÁ ČINNOSŤ ÚSTAVU



VÝJAZDOVÁ ČINNOSŤ ÚSTAVU







ODDELENIE ANALYTICKÉ A EXPERTÍZNE

POŽIAROVOSŤ NA SR ZA ROKY 2020 AŽ 2024 S PRÍČINOU ZVÁRANIE

Rok	Počet požiarov	Priame škody	Uchránené hodnoty	Zranené osoby	Usmrtené osoby	Súkromne vlastníctvo	Obchodné spoločnosti*
2020	33	247 600 €	2 973 100 €	3	0	22	11
2021	42	93 740 €	2 902 300 €	1	0	16	26
2022	29	1 090 150 €	2 191 710 €	1	0	17	12
2023	15	6 523 900 €	10 711 000 €	2	0	9	6
2024	28	72 100 €	2 288 800 €	1	0	12	16

* komunálne, štátne, družstevné, cirkví s náboženských spol., nezistené

LEGISLATÍVA

ZÁKON Č. 314/2001 Z. Z. O OCHRANE PRED POŽIARMI

§ 4 – POVINNOSTI PRÁVNICKÝCH OSÔB A FYZICKÝCH OSÔB–PODNIKATEĽOV

b) **zabezpečiť plnenie opatrení na ochranu pred požiarmi** na miestach so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru, **pri činnostiach spojených so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru** alebo v čase zvýšeného nebezpečenstva vzniku požiaru, ako aj opatrenia na zabezpečenie ochrany pred požiarmi pri podujatiach, na ktorých sa zúčastňuje väčší počet osôb; opatrenia, miesta a činnosti so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru, čas so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru a podujatia, na ktorých sa zúčastňuje väčší počet osôb, ustanoví všeobecne záväzný právny predpis, ktorý vydá ministerstvo,

LEGISLATÍVA

VYHLÁŠKA Č. 121/2002 Z. Z. MV SR O POŽIARNEJ PREVENCII

§ 1

(1) Činnosti so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru sú činnosti, ktoré vytvárajú **zvýšené riziko možnosti vzniku požiaru pri výrobe, spracúvaní, používaní alebo pri skladovaní horľavých látok.**

K týmto činnostiam patrí najmä

c) **zváranie, tepelné delenie a ďalšie spôsoby spracúvania kovov, pri ktorých sa používa zváracie, brúsiace alebo iskriace zariadenie nezávisle od stupňa automatizácie na miestach s možnosťou vzniku požiaru alebo výbuchu,**

LEGISLATÍVA

§ 5

Pri činnostiach spojených so zváraním, s tepelným delením a s ďalšími spôsobmi spracúvania kovov (ďalej len „zváranie"), pri ktorých sa používa zváracie zariadenie nezávisle od stupňa automatizácie na miestach s možnosťou vzniku požiaru alebo výbuchu, **vykonáva právnická osoba alebo fyzická osoba–podnikateľ tieto opatrenia**

a) zabezpečuje, aby **zváranie vykonávali len osoby**, ktoré majú **platné oprávnenie** podľa technickej normy,

b) vydáva **písomné povolenie na zváranie pred jeho začatím** a určuje podmienky z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti, po ktorých splnení možno túto činnosť vykonávať,

c) **kontroluje miesto zvárania a priľahlé priestory v priebehu zvárania, pri jeho prerušení a po skončení zvárania** po nevyhnutný čas, počas ktorého hrozí nebezpečenstvo vzniku požiaru,

d) zabezpečuje po skončení činnosti alebo pracovnej zmeny odloženie zváracieho zariadenia s príslušenstvom z miesta zvárania na určené miesto a vykoná potrebné opatrenia proti jeho neoprávnenému použitiu,

LEGISLATÍVA

e) zabezpečuje, aby rozvody elektrickej energie káblami alebo plynu hadicami boli uložené tak, aby nedošlo k ich mechanickému, tepelnému alebo k inému poškodeniu a aby nevytvárali prekážku v prístupových priestoroch okolo zariadenia a pri úniku osôb,

f) **zabezpečuje čistotu, pevnosť, tesnosť a neporušenosť pripojení vonkajších prívodov k zváracím zariadeniam a ich ochranu pred mastnotou a agresívnymi látkami, ktoré by ich mohli poškodiť**; poškodené prívody odstavuje bez zbytočného odkladu z používania a zabezpečí ich výmenu,

g) zabezpečuje pri skladovaní, preprave a manipulácii s horľavými plynmi a horenie podporujúcimi plynmi dodržiavanie požiadaviek podľa osobitného predpisu,

h) **zabezpečuje potrebné množstvo vhodných druhov hasiacich prostriedkov**, prípadne spojovacie prostriedky a iné vecné prostriedky ochrany pred požiarmi,

i) **zabezpečuje ochranu osôb a okolia pred vznikom požiaru od nebezpečných účinkov zvárania prenosnými zástenami alebo závesmi z nehorľavého alebo neľahko horľavého materiálu.**

LEGISLATÍVA

§ 19 – Protipožiarna asistenčná hliadka

Protipožiarna asistenčná hliadka sa zriaďuje pri činnostiach spojených so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru.

Protipožiarna asistenčná hliadka

a) **dozerá na dodržiavanie opatrení určených na zamedzenie vzniku požiaru**,

b) **vykonáva nevyhnutné opatrenia pri vzniku požiaru, najmä záchranu ohrozených osôb, privolanie pomoci, zdolávanie požiaru, a opatrenia na zamedzenie jeho šírenia, predovšetkým zatvorenie požiarnych uzáverov, prívodov horľavých látok a vypnutie elektrického prúdu.**

LEGISLATÍVA

ZÁKON Č. 314/2001 Z. Z. O OCHRANE PRED POŽIARMI

§ 14 – POVINNOSTI FYZICKÝCH OSÔB

e) **dodržiavať zásady protipožiarnej bezpečnosti pri činnostiach spojených so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru** alebo v čase zvýšeného nebezpečenstva vzniku požiaru; čas zvýšeného nebezpečenstva vzniku požiaru, činnosti, ktoré sa považujú za činnosti so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru, a zásady protipožiarnej bezpečnosti v čase zvýšeného nebezpečenstva vzniku požiaru alebo pri činnosti so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru ustanoví všeobecne záväzný právny predpis, ktorý vydá ministerstvo,

LEGISLATÍVA

VYHLÁŠKA Č. 121/2002 Z. Z. MV SR O POŽIARNEJ PREVENCII

Podrobnosti o úlohách fyzických osôb

Zásady protipožiarnej bezpečnosti pri činnostiach so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru

§ 31a

Ak činnosti so zvýšeným nebezpečenstvom vzniku požiaru nie sú z hľadiska ochrany pred požiarmi upravené v osobitných predpisoch, fyzická osoba pri výkone týchto činností postupuje tak, aby bola zabezpečená ochrana pred požiarmi. K týmto činnostiam patrí najmä:

LEGISLATÍVA

§ 31a

Ak ide o činnosti spojené so zváraním, tepelným delením a ďalšími spôsobmi spracúvania kovov, pri ktorých sa používa zváracie zariadenie, brúsiace zariadenie alebo iskriace zariadenie na miestach s možnosťou vzniku požiaru alebo výbuchu, **fyzická osoba zabezpečuje**

a) výkon **zvárania len osobou s platným oprávnením**,

b) vykonanie **kontroly miesta zvárania a brúsenia pred začatím týchto prác z hľadiska predchádzania vzniku požiaru**, napríklad odstránenie alebo zakrytie horľavých látok a dostatočné vetranie,

c) **kontrolu miesta zvárania a priľahlých priestorov v priebehu zvárania, pri jeho prerušení a po skončení zvárania** na nevyhnutný čas, počas ktorého hrozí nebezpečenstvo vzniku požiaru,

d) potrebné **množstvo vhodných druhov hasiacich prostriedkov**.

ZDROJE NEBEZPEČENSTVA VZNIKU POŽIAROV PRI ZVÁRANÍ

Účelom prezentácie je poukázať na príčiny vzniku požiarov pri zváraní a protipožiarne opatrenia na zabránenie vzniku požiaru.

Požiar pri zváraní zapríčiní zvárač buď preto, že nepozná okolnosti, ktoré vedú k vzniku požiaru, alebo preto, že nevytvorí potrebné protipožiarne opatrenia. Stáva sa aj to, že pracovníci vedia o nebezpečenstve požiaru, ale nepodniknú nič na jeho zamedzenie. Ide o podceňovanie ochrany proti požiarom pri zváraní.

ZDROJE NEBEZPEČENSTVA VZNIKU POŽIAROV PRI ZVÁRANÍ

Miesta, ktoré môžu byť za určitých podmienok príčinou vzniku požiaru:

Zváracie zariadenia: postupovať podľa pokynov výrobcu, skontrolovať, správne zapojenie, bez dozoru, pri poruche odstaviť, zapojenie zváračských káblov, čistota, všímať si výkonové štítky.

Zváračské káble: dimenzované na intenzitu zváračského prúdu, stav izolácie (dĺžka a priemer), mechanické namáhanie, chemické pôsobenie – guma rozpadá v oleji a petroleji, mokro a vlhko, teplo - guma, bavlnená a hodvábna izolácia zuhoľnatie pri 100 °C, uloženie káblov – chránené pred poškodením (cesta, koľaje, teplovod, iskri pri zváraní, zakázané predlžovanie pomocou koľajníc, tyčou a pod.), prach-vlhký prach vytvorí vodivé cesty, nečistoty.

ZDROJE NEBEZPEČENSTVA VZNIKU POŽIAROV PRI ZVÁRANÍ

Iskri pri zváraní: zvarový kúpeľ dosahuje 5 000 °C, teplota iskier 600 – 1 300 °C, iskri môžu dopadať na 10 m a viac, po dopade môžu mať teplotu až 400 °C

Porovnávacie teploty:	voľne horiaca cigareta	– 400 °C
	cigareta pri ťahu	– 700 – 750 °C
	plameň zápalky	– 650 – 850 °C
	plameň sviečky	– 800 – 1 000 °C
	plameň plyn. horáku	- 1 700 – 1 950 °C
	termické zváranie	- 2 100 – 2 200 °C
	plameň kyslik-acetylén.	- 3 000 – 3 200 °C
elektrická iskra medzi kontaktmi relátok		– 3 000 – 5 000 °C

ZDROJE NEBEZPEČENSTVA VZNIKU POŽIAROV PRI ZVÁRANÍ

Nepriame pôsobenie iskier: neúčinkujú ihneď po dopade, ale až po určitej dobe, ak dopadne iskra do štrbiny na horľavú látku a pôsobením prúdenia kyslíku zo vzduchu dochádza po určitej dobe k zapáleniu horľavej látky. Môže to trvať niekoľko hodín, a sú známe prípady aj po niekoľkých dňoch.

Prenos tepla po zvarenci: zvláštnosť, že v 90 % požiarov sa plamenné horenie ukazuje až po určitej dobe, a to vždy po ukončení pracovnej doby a nie na mieste zvárania ale v blízkosti, vo vedľajšej miestnosti a pod. Závisí to od zloženia horľavých látok, vlhkosti, tvorení vzdušných ciest, komínového efektu atď.

Žiarenie oblúka: okolitý vzduch izoluje, ale napriek tomu sa značné množstvo tepla prenesie do okolia. Dokonca cez tepelnú izoláciu sa niekedy prenesie dostatok tepla na zapálenie horľavých látok.

Prúdový okruh zváracieho prúdu: prúdové preťaženie zváračských káblov spôsobuje ich zahriatie až roztavenie a následne vznik požiaru.

ZDROJE NEBEZPEČENSTVA VZNIKU POŽIAROV PRI ZVÁRANÍ

Nulový vodič rozvodnej skrine: v určitej dobe sa vyskytovali požiare, ktoré nastali v blízkosti alebo priamo na nulovom vodiči elektrickej inštalácii - zistilo sa, že priamou príčinou je zvárací agregát

- STN hovorí, pripojenie zváraného predmetu musí byť tak, aby pri zváraní neprechádzali prúdy iným smerom, po iných predmetoch konštrukciách, kde by mohli spôsobiť požiar či úraz. Normálna cesta, svorkovnica zváračky musí byť krytá, kábel izolovaný, prúd cez kábel, pohyblivú elektródu, oblúk, predmet, kábel, zdroj.

- Ak nastane neopatrnosťou vodivé spojenie medzi predmetom na ktorom sa zvára a nulovým vodičom cez nulové puzdro (obal) elektrického prístroja alebo stroja a súčasne spoj medzi ručnou elektródou a iným nulovým prístrojom alebo strojom, tak je pochopiteľné, že existuje možnosť, že zvárací elektrický obvod sa uzavrie cez vodiče, ktoré slúžia k ochrane, t.j. cez nulovanie stroja. Intenzita zváracieho prúdu tečie cez nulový vodič, ktorý nie je dimenzovaný pre takúto vysokú intenzitu.

PROTIPOŽIARNE OPATRENIA NA ZABRÁNENIE VZNIKU POŽIARU

- Spojky zváracieho vodiča a zváracej svorky musia byť so zváracími vodičmi alebo zvarkami čo najdokonalejšie elektricky spojené s vylúčením náhodného uvoľnenia. Musia mať rozmery zodpovedajúce veľkosti použitého zváracieho prúdu a prierezom zváracích vodičov, musia byť neporušené
- Prietok zváracieho prúdu nesmie poškodiť ostatné strojové súčasti
- Nesmú sa používať iné ako predpísané prívody a pripojenia zvar. prúdu
- Je zakázané používať ako náhradu zváracieho vodiča rôzne kovové predmety
- Svorka na pripojenie zváracieho vodiča musí byť umiestnená čo najbližšie k miestu zvárania
- Pripájať svorku len ak je vypnutý zvárací zdroj
- Prívody a vodiče zvar. prúdu chrániť pred mechanickým poškodením, pred vonkajšími vplyvmi, ostrekovaním kovom, chemickým poškodením, nečistotami a pod.

PROTIPOŽIARNE OPATRENIA NA ZABRÁNENIE VZNIKU POŽIARU

- Ak zváracie zariadenie pokazené – ihneď vypnúť
- Zvárací horák sa môže odkladať len na izolačnú podložku alebo izolovaný stojan
- Pri používaní alebo uskladňovaní v prašnom alebo vlhkom prostredí musí elektro-údržbár preskúšať zváracie zariadenie jedenkrát za mesiac
- Zvárač a zamestnávateľ musí skontrolovať či v jeho blízkom okolí nie sú ľahko horľavé látky a vykonať opatrenia na zabránenie vzniku požiaru alebo výbuchu
- Miesta zvárania a ich okolie sa po ukončení zvárania **kontrolujú po dobu najmenej 8 hod.**
- Pri prerušení práce a odchode z pracoviska musí zvárač vypnúť zváracie zariadenie

NÁVOD NA KONTROLU ZVÁRAČSKÝCH PRACOVÍSK, ČO SI VŠÍMAŤ

- Kontrola oprávnenia zváračov
- Je zváračka zapojená do elektrickej siete podľa predpisov
- Čistota zváracieho agregátu a okolia zváračky
- Či nestojí zváračka v malej nevetranej miestnosti - dostatočné chladenie
- Kontrola zváračských káblov a spojov - neporušenosti, pevnosť, izolácia
- Uloženie káblov – chránené proti vonkajším vplyvom, ostrekovaniu kovom, mechanickému, chemickému poškodeniu a pod.
- Uloženie zváraných materiálov – odizolovanie, či nedochádza k iným prúdovým cestám
- Pripojenie zváračskej svorky, klieští
- Vzdialenosť horľavých materiálov, možné cesty prechodu tepla, zapadnutie iskry
- Miesto na odhadzovanie elektród – nádoba s mokrým pieskom

PRÍPADOVÉ ŠTÚDIÁ
K POŽIAROM S PRÍČINOU VZNIKU POŽIARU NÁSLEDKOM ZVÁRANIA

- Požiar haly s potravinárskou výrobou
- Požiar výrobnej haly
- Požiar historickej veže
- Požiar strechy a vnútorných priestorov objektu

POŽIAR HALY S POTRAVINÁRSKOU VÝROBOU



POŽIAR HALY S POTRAVINÁRSKOU VÝROBOU



MRAZIACA KOMORA

POŽIAR HALY S POTRAVINÁRSKOU VÝROBOU



MRAZIACA KOMORA V REKONŠTRUKCII

POŽIAR HALY S POTRAVINÁRSKOU VÝROBOU



MIESTO VZNIKU POŽIARU

POŽIAR HALY S POTRAVINÁRSKOU VÝROBOU



MIESTO VZNIKU POŽIARU



MEDZI PRIESTOR NAD MRAZIACIM BOXOM



POŽIAR HALY S POTRAVINÁRSKOU VÝROBOU

POŽIAR VÝROBNEJ HALY



POŽIAR VÝROBNEJ HALY




POŽIAR VÝROBNEJ HALY
MIESTO VZNIKU POŽIARU



POŽIAR VÝROBNEJ HALY

POŠKODENÍ PAKETOVACÍ LIS NA KOVOVÝ ODPAD



POŽIAR VÝROBNEJ HALY

MIESTO VZNIKU POŽIARU PO UHASENÍ



POŽIAR VÝROBNEJ HALY

ZHORENÁ MIG/MAG ZVÁRAČKA

POŽIAR VEŽE HISTORICKEJ BUDOVY





POŽIAR VEŽE HISTORICKEJ BUDOVY



SANÁCIA – REKONŠTRUKCIA STRECHY HISTORICKEJ BUDOVY

POŽIAR VEŽE HISTORICKEJ BUDOVY

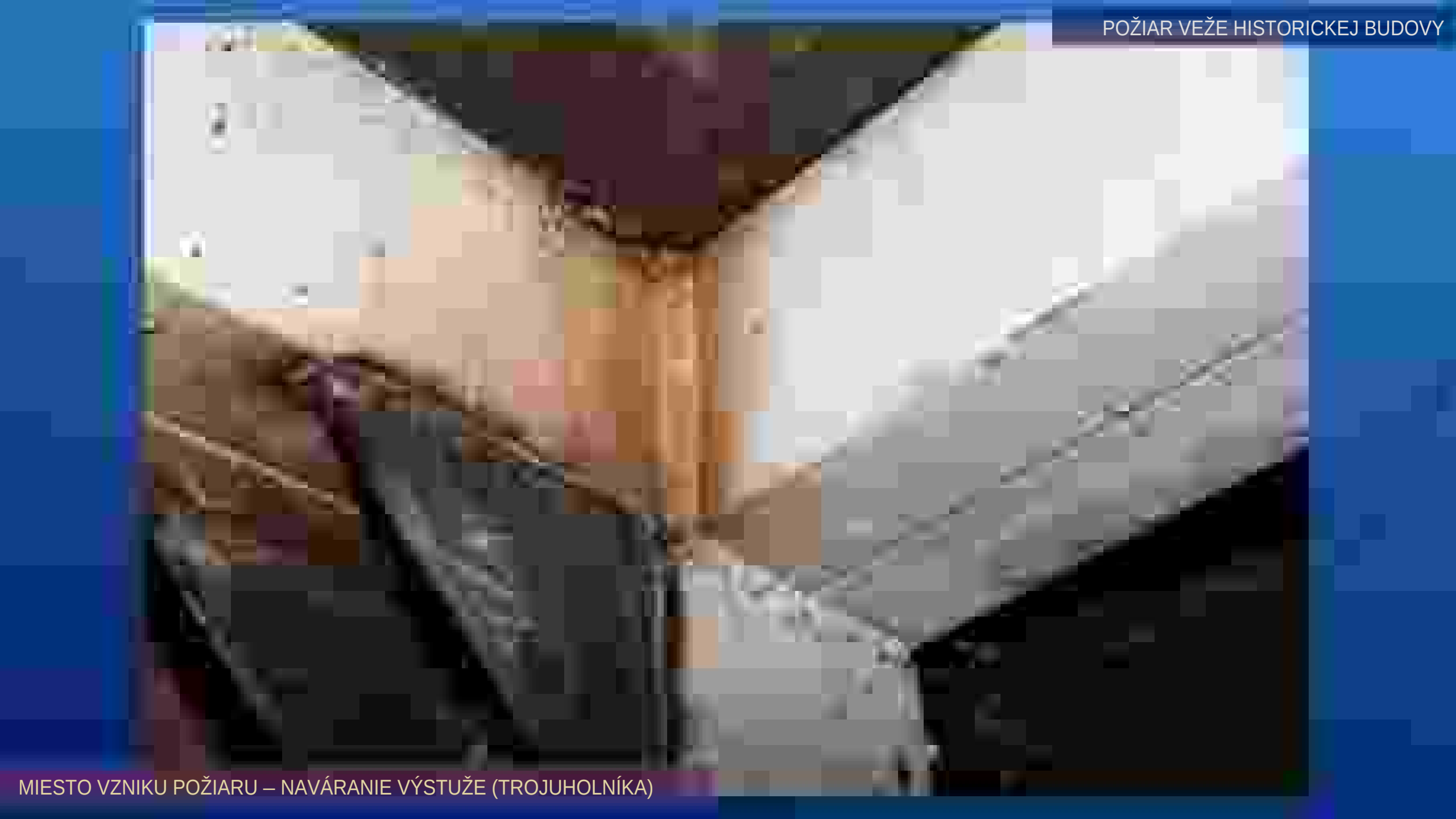


SANÁCIA – REKONŠTRUKCIA STRECHY HISTORICKEJ BUDOVY

POŽIAR VEŽE HISTORICKEJ BUDOVY



MIESTO VZNIKU POŽIARU – NAVÁRANIE VÝSTUŽE (TROJUHOLNÍKA)



MIESTO VZNIKU POŽIARU – NAVÁRANIE VÝSTUŽE (TROJUHOLNÍKA)



POŽIAR VEŽE HISTORICKEJ BUDOVY

MIESTO VZNIKU POŽIARU


POŽIAR VEŽE HISTORICKEJ BUDOVY
MIESTO VZNIKU POŽIARU


POŽIAR VEŽE HISTORICKEJ BUDOVY
MIESTO VZNIKU POŽIARU

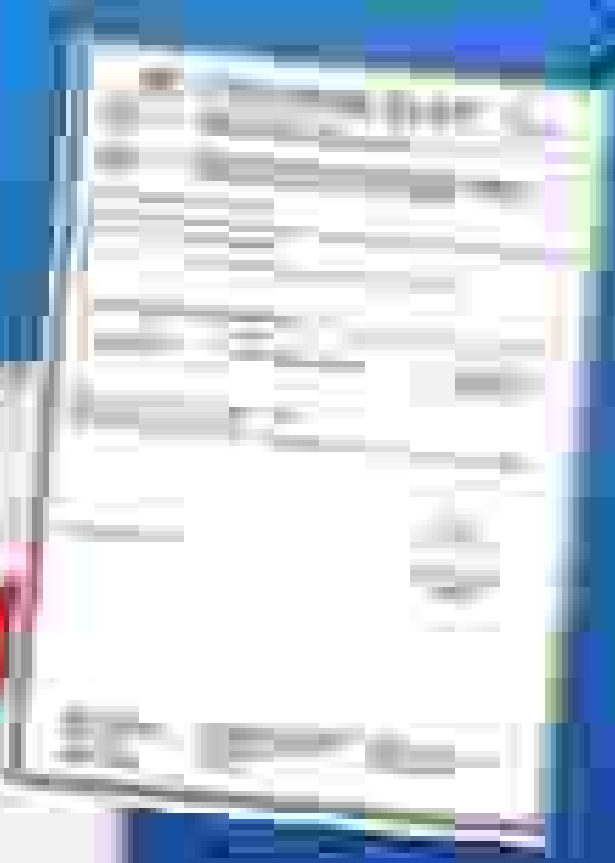


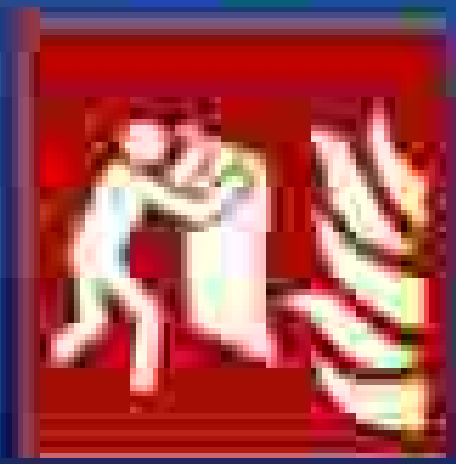
POŽIAR VEŽE HISTORICKEJ BUDOVY

SPRÁCHNIVENÝ DREVENÝ TRÁM ZO STRECHY HISTORICKEJ BUDOVY









POŽIARNA PRIKRÝVKA ROZMEROV 1,8M X 2M. CERTIFIKOVANÁ PODĽA EN 1869



POŽIARNA PRIKRÝVKA ROZMEROV 1,8M X 2M. CERTIFIKOVANÁ PODĽA EN 1869

POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU



POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU



MIESTO VZNIKU POŽIARU – STRECHA OBJEKTU


POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU
POŠKODENIE VNÚTORNÝCH PRIESTOROV

POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU



POŠKODENIE VNÚTORNÝCH PRIESTOROV



POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU

PREČNIEVAJÚCI OCEĽOVÝ „I“ PROFIL

POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU



ODPÁLENÍ OCEĽOVÝ „I“ PROFIL


POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU
REKONŠTRUKCIA ČINNOSTÍ PRACOVNÍKOV


POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU
REKONŠTRUKCIA ČINNOSTÍ PRACOVNÍKOV – POUŽITÉ ELEKTRICKÉ NÁRADIE



POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU

DETAIL NA ODPÁLENÍ OCEĽOVÝ „I“ PROFIL

POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU



DETAIL NA ODPÁLENÍ OCEĽOVÝ „I“ PROFIL


POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU



POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU

DETAIL NA PREPÁLENÚ HYDROIZOLAČNÚ FÓLIU

POŽIAR STRECHY A VNÚTORNÝCH PRIESTOROV OBJEKTU



SKLADBA STRECHY

Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR
Rožňavská 11, 831 04 Bratislava

ĎAKUJEME VÁM ZA POZORNOSŤ



© 2025/08
pplk. Mgr. Stanislav Kováč



Zmeny v priemyselnom lepení

PZVAR MEETING 2025

01.- 03.10.2025

Marián Kriváne k

© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

SVV Praha, s.r.o.

Dva tými pracovníkov

- **Zváranie**
  - Praha (CZ)
- **Lepenie**
  - Brno (CZ)
  - Komárom (HU)



bonding.svv.cz

© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

SVV Praha, s.r.o.

Poskytované služby v lepení

- **Vzdelávanie odborného personálu**
  - Kvalifikačné kurzy podľa EWF smerníc
  - Následné vzdelávanie
  - Vzdelávanie na mieru
- **Certifikácia**
  - DIN 6701:2015
  - EN 17460:2022
  - DIN 2304-1:2020
  - EN ISO 21368:2023
  - DIN SPEC 35255:2023
- **Testovanie lepených spojov a návrhy riešení**

SVV Praha členom pracovných skupín:

- WG DIN6701
- ECARV (EN 17460)
- ICCAP (WG 2304-1 / EN ISO 21368)
- AK DIN 35255
- EWF 1.1/2.5

Služby SVV Praha sú poskytované v jazykoch:

CZ SK HU GB DE HR RS RU

© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

Kvalifikácia personálu v lepení

Požiadavka noriem DIN 6701 a DIN2304-1

- European Adhesive Engineer (EAE)
- European Adhesive Specialist (EAS)
- European Adhesive Bonder (EAB)

Požiadavka noriem EN 17460 a EN ISO 21368

- Komplexné znalosti = EAE
- Špecifické znalosti = EAS
- Základné znalosti = EAB

EAE
European Adhesive Engineer

- 8 týždňov výuky
- 2 praktické skúšky
- 7 písomných testov
- Ústna skúška

EWF 662

EAT
European Adhesive Technologist

- 6 týždňov výuky
- 2 praktické skúšky
- 6 písomných testov
- Ústna skúška

???

EAS
European Adhesive Specialist

- 3 týždňov výuky
- 2 praktické skúšky
- 3 písomné testy
- Ústna skúška

EWF 662

EAB
European Adhesive Bonder

- 1 týždňov výuky
- 2 praktické skúšky
- 1 písomný test
- Ústna skúška

EWF 515

EABO
European Adhesive Bonding Operator

- 3 dni výuky
- 2 praktické skúšky
- 1 písomný test
- Ústna skúška

EWF 647

© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

Kvalifikácia personálu a jej využitie v praxi

EAE
European Adhesive Engineer

- 8 týždňov výuky
- 2 praktické skúšky
- 7 písomných testov
- Ústna skúška

EAT
European Adhesive Technologist

- 6 týždňov výuky
- 2 praktické skúšky
- 6 písomných testov
- Ústna skúška

EAS
European Adhesive Specialist

- 3 týždňov výuky
- 2 praktické skúšky
- 3 písomné testy
- Ústna skúška

EAB
European Adhesive Bonder

- 1 týždňov výuky
- 2 praktické skúšky
- 1 písomný test
- Ústna skúška

EABO
European Adhesive Bonding Operator

- 3 dni výuky
- 2 praktické skúšky
- 1 písomný test
- Ústna skúška

Príklady uplatnenia v procesoch lepenia

Konštrukcia A1
Pracovné postupy A1
Dozor lepenia A1

Konštrukcia A2
Pracovné postupy A1
Dozor lepenia A1

Konštrukcia A2
Pracovné postupy A2
Dozor lepenia výr. A1
Opravy a údržby A1
Nákup, predaj a montáž A1

Zástupca dozoru lepenia A2

Dozor lepenia A3 - výroba

Lepič A1

Lepič A1

© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

Aké normy môžeme využiť pre nastavenie riadeného procesu?

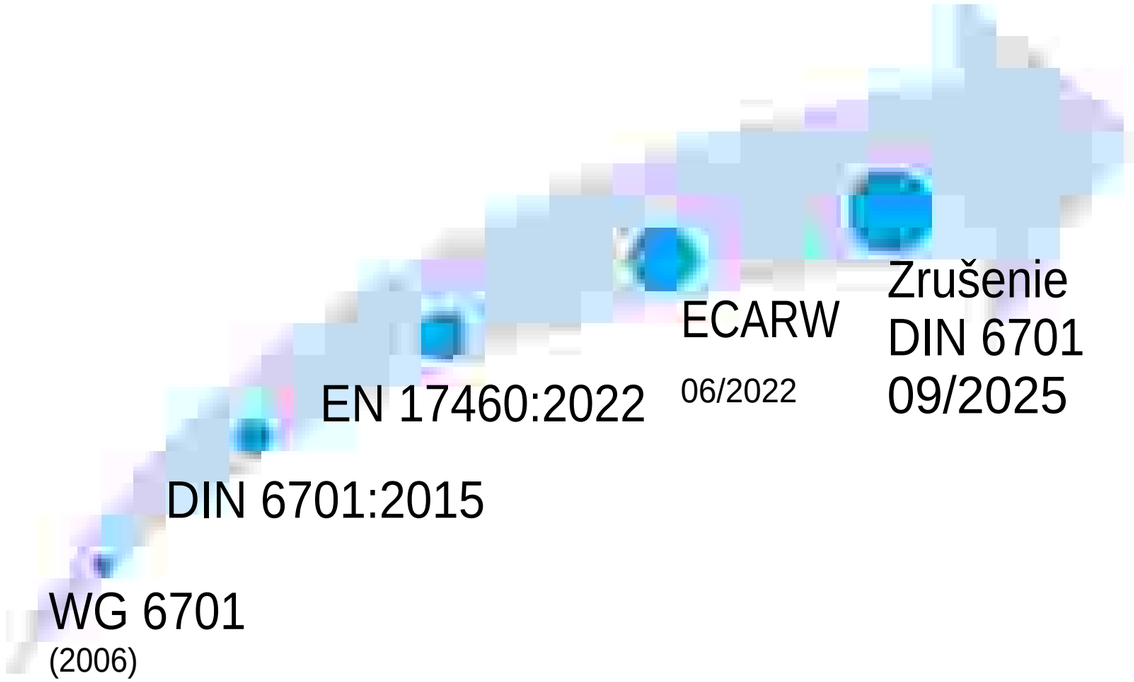
Normy v lepení

- **DIN 6701:2015**
  - Lepenie koľajových vozidiel a ich dielov
  - Koniec platnosti 09/2025
- **EN 17460:2022**
  - Lepenie koľajových vozidiel a ich dielov
- **DIN 2304-1:2020**
  - Lepenie vo všeobecnom priemysle
  - Plánovaný koniec platnosti 09/2026
- **EN ISO 21368:2023**
  - Lepenie vo všeobecnom priemysle
- **DIN SPEC 35255:2023**
  - Výroba a aplikácia kompozitných materiálov (FRP)



© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

Zmeny predpisov pre nastavenie riadeného procesu v koľajovej technike





© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

Online register

EN 17460:2022 a DIN 6701:2015

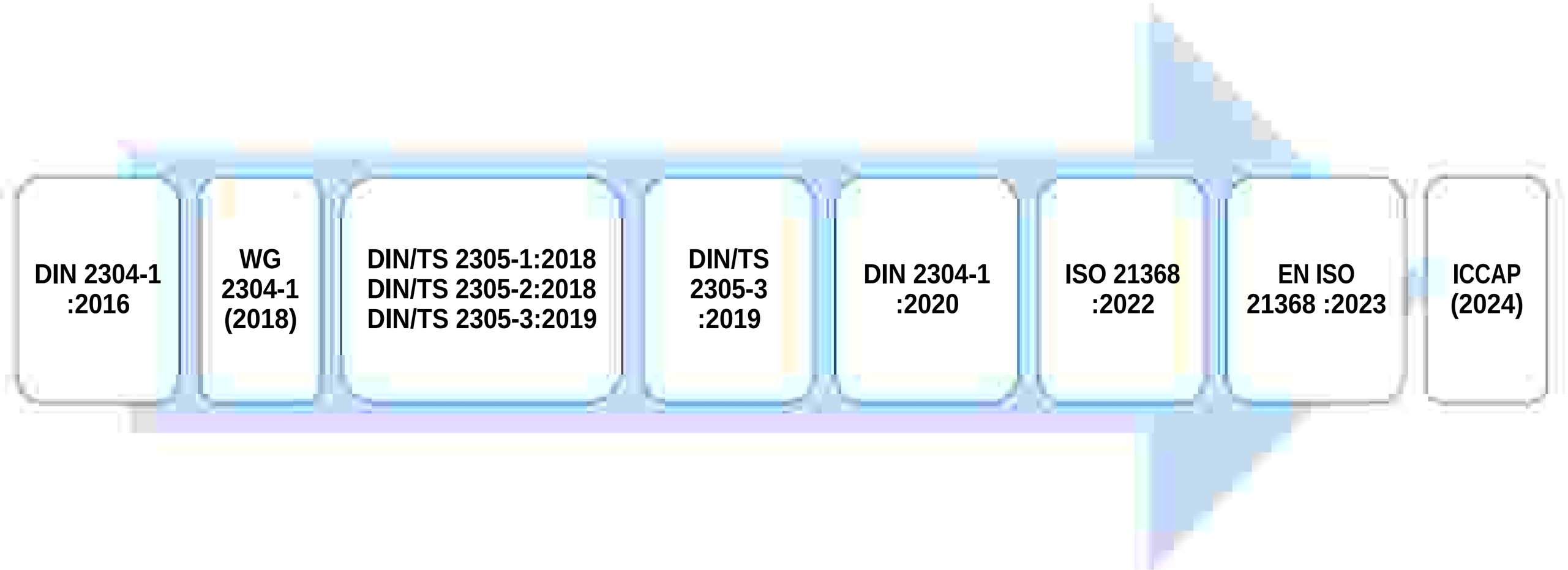
- Jediná možnosť sledovať aktuálny stav certifikátu v rámci dodávateľských reťazcov
- Možnosť vyhľadávania partnerov s overeným riadeným procesom lepenia
- Zverejnenie uznaných certifikačných orgánov
- Zverejnenie A-Z zborníku

www.en17460.com



© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

Zmeny predpisov pre nastavenie riadeného procesu vo všeobecnom priemysle



© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

Online register

DIN 2304-1 a ISO 21368

- Jediná možnosť sledovať aktuálny stav certifikátu v rámci dodávateľských reťazcov
- Možnosť vyhľadávania partnerov s overeným riadeným procesom lepenia
- Zverejnenie uznaných certifikačných orgánov
- Zverejnenie A-Z zborníku

www.iso21368.com



© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

Zmeny predpisov pre nastavenie riadeného procesu vo výrobe a montáži kompozitov – vláknom zosilnené polyméry

AK DIN35255 (2025)

DIN SPEC 35255:2023

Projekt DIN SPEC 2022





© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

Online register

DIN 35255

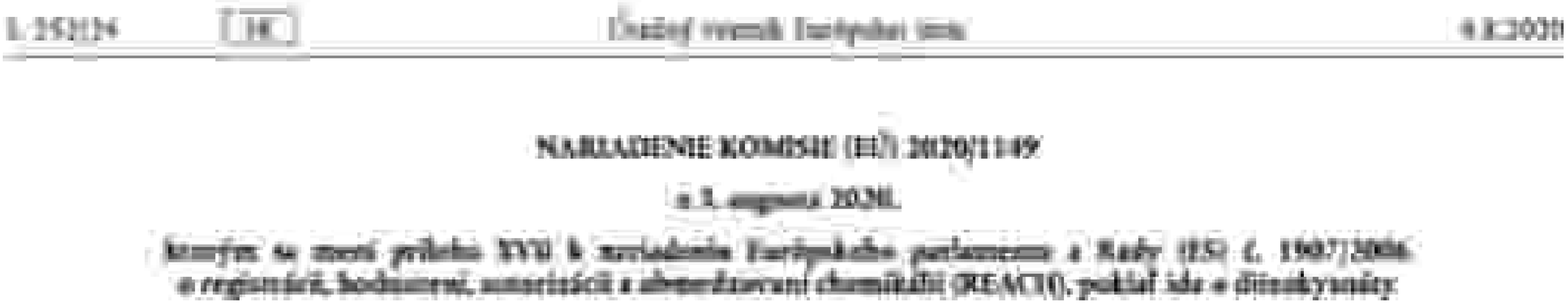
- Jediná možnosť sledovať aktuálny stav certifikátu v rámci dodávateľských reťazcov
- Možnosť vyhľadávania partnerov s overeným riadeným procesom lepenia
- Zverejnenie uznaných certifikačných orgánov
- Zverejnenie A-Z zborníku

www.din35255.com



© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

Nakladanie s materiálmi s obsahom diizokyanátov



NARIADENIE KOMISIE (EÚ) 2020/1149

z 3. augusta 2020,

Kde sa nachádzajú:

napr. Lepidlá PUR

- 1K – jeden z prvkov obsahu
- 2K – väčšinou ako 2. komponent
- Tavné lepidlá

Nariadenie definuje napr.

- Obmedzenia pre materiál s obsahom od 0,1%
- Odbornú prípravu profesionálnych používateľov
  - Opakovanie raz za 5 rokov
- Povinnosť poskytovania informácií pre dodávateľov

<u>Prevencia</u>

Používanie OOPP definovaných v karte bezpečnostných údajov

© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno



Ďakujem za pozornosť!

Marián Kriváne k

© SVV Praha, s.r.o. Centrum Lepení Brno

Praktické využitie nedeštruktívnych kontrol pri výkone technicko – bezpečnostného dohľadu nad vodnými stavbami

Ing. Jakub Porubčan, PhD., Ing. Michal Novoveský, Ing. Boris Petríček

VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, š. p., odbor špecializovaných meraní, oddelenie defektoskopie

Abstrakt:

Príspevok je venovaný praktickým ukážkam nedeštruktívnych kontrol vykonávaných na vodných stavbách na území SR zamestnancami oddelení defektoskopie VODOHSPODÁRSKEJ VÝSTAVBY, š. p. Práce uvedené v príspevku budú zamerané na najpoužívanejšiu nedeštruktívnu metódu na oddelení defektoskopie a to je ultrazvukové meranie hrúbky základných materiálov. Taktiež budú priblížené postupy používané pre výpočet koróznych úbytkov na potrubiach, resp. nedostupných častiach technologických a oceľových konštrukcií. V niektorých prácach budú prezentované aj následné opravy a investície vyvolané práve zisteniami z nedeštruktívnej kontroly.

Odborný technicko-bezpečnostný dohľad (TBD) nad vodnými stavbami je špecializovaná činnosť zameraná na zisťovanie technického stavu vodných stavieb, ktorých poškodenie môže spôsobiť ohrozenie priľahlého územia, životov ľudí a majetku najmä uvoľnením vzdúvanej alebo zadržiavanej vody. Vykonáva sa sledovaním bezpečnosti a stability vodných stavieb, predovšetkým pozorovaním a meraním ich deformácií, priesaku vôd a analýzou výsledkov s cieľom včas zistiť ohrozenie bezpečnosti a prevádzkyschopnosti vodnej stavby, upozorniť na takéto riziko a navrhnúť potrebné opatrenia na zabezpečenie nápravy. Pri sledovaní bezpečnosti a prevádzkyschopnosti konštrukčných celkov a technologických zariadení sa uplatňujú aj metódy nedeštruktívnej kontroly.

Na oddelení defektoskopie sa využíva široké portfólio metód. V zmysle normy STN EN ISO 9712 ide najmä o ultrazvukové skúšanie, magnetické skúšanie, vizuálnu skúšanie a kapilárnu skúšanie. Uvedené metódy skúšania sú vhodne skombinované s napr. meraním vibrácií, nábehových prúdov, termometriou, meraním hĺbky trhlín alebo hodnotením korózie a protikoróznych náterov. Pri kombinácií viacerých metód a skúšaní hovoríme o komplexnom posúdení vodnej stavby.

Historicky najvyužívanejšia metódou na oddelení defektoskopie je ultrazvukové meranie hrúbky základných materiálov. Meranie je následne podkladom pre vyhodnotenie hrúbky korózneho napadnutia. Metóda sa v podmienkach vodných stavieb využíva najmä pri jednostranne dostupných konštrukciách, ako sú potrubia alebo duté uzatvorené prvky a časti.

1. Ultrazvukové meranie hrúbky

Ultrazvuk, mechanické kmitanie mimo rozsah ľudského sluchu, sa vysiela do materiálu. Keď ultrazvuk narazí na opačnú stranu materiálu, časť sa odrazí späť. Meraním času, za ktorý sa ultrazvuk vráti, a známou rýchlosťou šírenia zvuku v danom materiáli, je možné vypočítať hrúbku materiálu. Samotné vysielanie/ prijímanie signálu, meranie času ako aj výpočet skutočnej hrúbky. vykonáva na to určený prístroj – hrúbkomer, spolu s vhodnou sondou.

Na oddelení defektoskopie pre ultrazvukové meranie hrúbky základných materiálov využívame kombináciu hrúbkomeru Olympus DL 38 plus a dvojitej sondy D70906-SM. Táto kombinácia umožňuje meranie technológiou Thru-Coat, teda cez náter. Umožňuje zobraziť zostatkovú hrúbku aj hrúbku náteru na povrchu.

Samotný výkon skúšky sa riadi normou STN EN ISO 16809. Cieľom normy je špecifikovať princípy pre meranie hrúbky kovových a nekovových materiálov priamym kontaktom, založených len na prechode ultrazvukového impulzu. Norma taktiež definuje požiadavky na meracie prístroje, typy ultrazvukových sond, referenčné kalibračné bloky, kvalifikáciu personálu, podmienky pre meranie ako teplota, stav povrchu, materiálov vlastnosti a ďalšie špecifiká. Na oddelení

defektoskopie sa používa aj Príloha A uvedenej normy. Táto Príloha dáva praktické odporúčania pre technických pracovníkov vykonávajúcich NDT kontrolu v prevádzkových podmienkach.

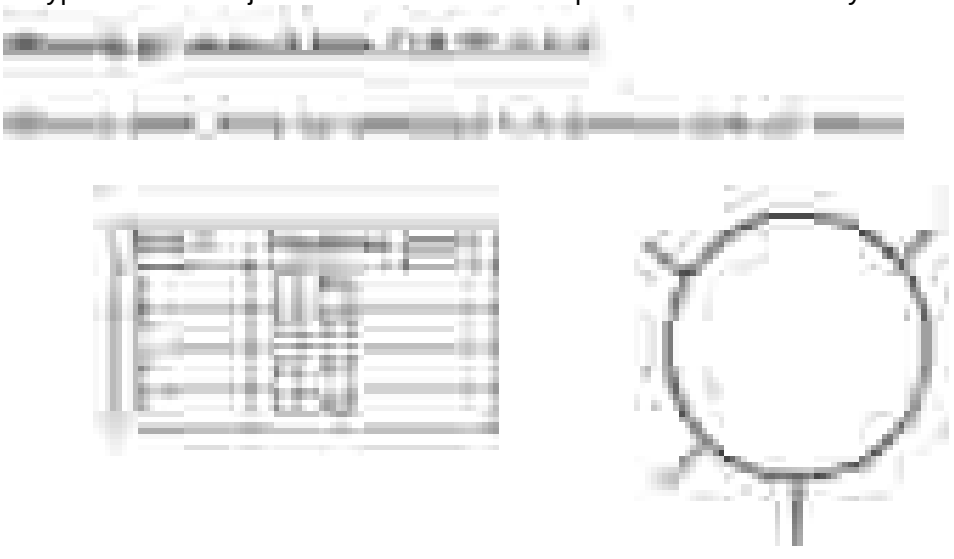


obr. č. 1. Olympus DL 38 plus a dvojitá sonda D70906-SM

2. Komplexná kontrola VS Vlčia Dolina

Posúdenia technického stavu prívodného potrubia a hrablíc v prívodnom potrubí na PVE Vlčia Dolina.

Tlakové potrubie vedie vodu oceľovým potrubím od uzáverovej komory do vodnej elektrárne vo Vlčej doline. Potrubie má celkovú dĺžku 1176 m a prekonáva výškový rozdiel 244m. Priemer potrubia je rôzny a to nasledovne: na dĺžke 318 m má priemer 1800 mm, na dĺžke 457 m má priemer 1700 mm a na dĺžke 401 m má priemer 1600 mm. Najväčší priemer sa nachádza v najvyššej časti. Tlakové potrubie je v celej dĺžke uložené v zárezе hlbokom 2-3 m na betónových sedlách a zasypané. Potrubie je izolované a na lomoch spádu kotvené betónovými blokmi.



obr. č. 2. Spôsob identifikácie meracieho profilu a samotné hodnoty z merania.

Meranie korozívneho úbytku na tlakovom potrubí.

Meranie hrúbky potrubia bolo vykonané ultrazvukovým hrúbkomerom. Pre vykonanie merania bolo potrebné odstrániť náter vo veľkosti cca 1 cm^2 pre každý merací bod. Na každom meracom bode boli vykonané tri merania a do výsledkov meraní sa zapisoval ich aritmetický priemer. Meracie body v profiloch neboli vyberané rovnaké, ale na miestach kde sa už nenachádzal asfaltový náter, aby poškodenie náterov pri meraní bolo čo najmenšie. V prípade nutného odstraňovania náteru, tento nebol po ukončení meraní opätovne obnovený. Rozmiestnenie jednotlivých meraných profilov bolo navrhované vzhľadom na obslužné šachty, ktoré sú inštalované na tejto časti potrubia. Následne boli identifikované vzdialenosťou od jednotlivých vlezov a schémou rozmiestnenia bodov v jednotlivých profiloch.

Hodnoty hrúbky základného materiálu zmerané na jednotlivých profiloch boli charakterizované len malým rozptylom, čo potvrdzuje, že potrubie je v dobrom stave a nenachádzajú sa na ňom korozívne úbytky. Prevádzkovateľ vodnej stavby nemá podklady o tom, aké hrúbky potrubia boli pôvodne osadené na tlakovom potrubí a z dostupných podkladov nie je možné stanoviť triedu ocele použitú pre potrubie. Pre výpočet minimálnej potrebnej hrúbky potrubia bolo brané maximálne napätie pevnosti 170 MPa, čo je dovolené napätie pre menej kvalitné ocele. Súčiniteľ tvaru bol uvažovaný 0,8. Vypočítané a namerané hodnoty sú v tabuľke č. 1.

Tab.1: Statický prepočet minimálnej hrúbky potrubia

Priemer potrubia [mm]	max. povolená hladina [m n.m.]	výška zmeny potrubia [m n.m.]	rozdiel [m]	tlak [MPa]	dovolené napätie [MPa]	min. hrúbka plechu [mm]	priemerná nameraná hodnota [mm]
1800	786,6	687,3	99,3	0,97	170	6,47	13,68
1700	786,6	599,4	187,2	1,84	170	11,56	17,41
1600	786,6	491,7	294,9	2,89	170	17,20	38,36

Ide o jednoduchý statický výpočet na základe výšky hladiny, ktorý nezohľadňuje prípadné nespojitosti pri prúdení ani hydrodynamické rázy pri otváraní a zatváraní regulačných uzáverov alebo rýchlouzáveru. Namerané hodnoty vysoko prekračujú vypočítané hodnoty, preto potrubie možno označiť ako bezpečné.



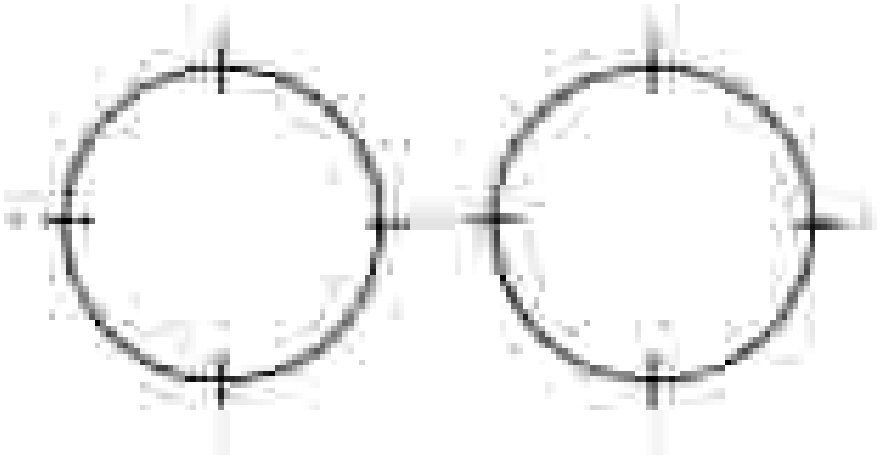
obr. č. 3. Prechod do tlakovej časti potrubia pomocou lezeckej techniky.

3. Komplexná kontrola Turčekovský banský vodovod

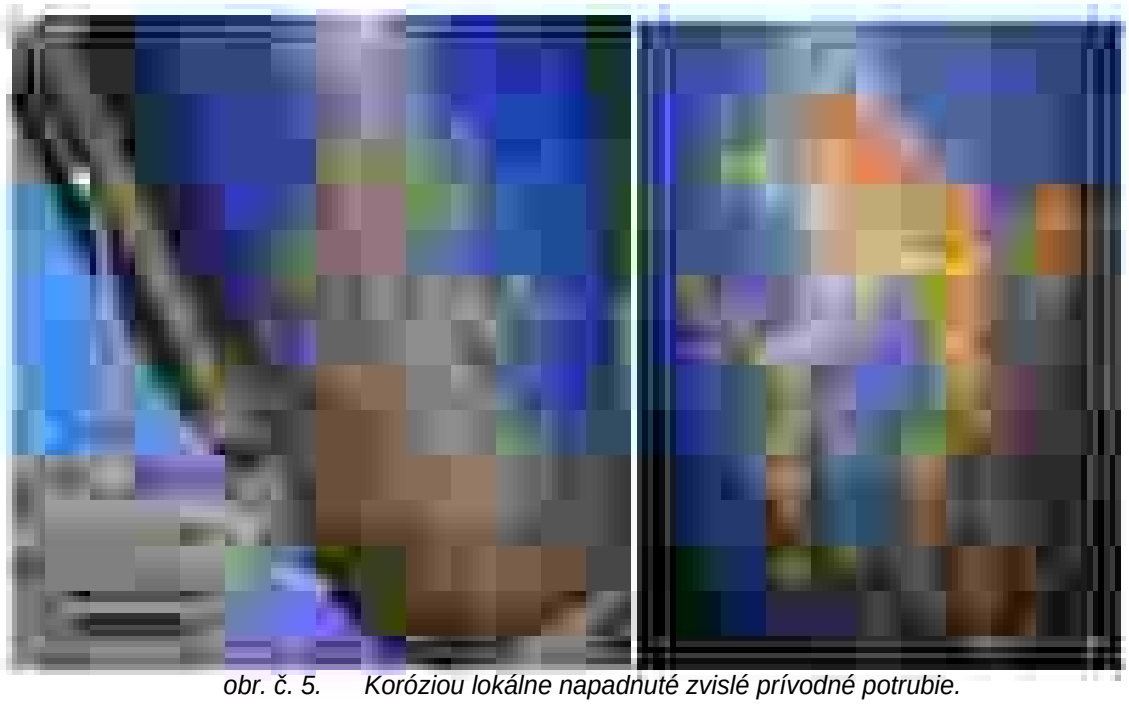
Na vodnej stavbe Turčekovský banský vodovod boli kontrolované:

- Stav prívodného tlakového potrubia 2 x DN 500: korozívne úbytky, hrúbka protikoróznej ochrany, vizuálna kontrola zvarových spojov a stavu protikoróznej ochrany.
- Stav prívodných tlakových potrubí v ochladzovacom bazéne a v šachte v strojovni vodnej elektrárne (VE): vizuálna kontrola zvarových spojov a stavu protikoróznej ochrany.

Celý objekt podzemnej vodnej elektrárne je súčasťou kaskády vodných elektrární budovaných na Turčekovskom vodovode v rokoch 1894 až 1937. Podzemná elektráreň na jame č. IV bola uvedená do prevádzky v roku 1921 na južnom konci Kremnice v smere na Žiar nad Hronom, úplne však bola dokončená v roku 1937.



obr. č. 4. Schematické znázornenie meraných bodov v jednotlivých profiloch (ľavého a pravého zvislého prívodného tlakového potrubia), v smere toku.



obr. č. 5. Koróziou lokálne napadnuté zvislé prívodné potrubie.

V hĺbke 245 m pod zemou sú inštalované tri Peltonove turbíny a tri generátory – alternátory elektrického prúdu. V čase svojho vzniku to bola prvá podzemná vodná elektráreň v strednej Európe, dnes ide o najstaršiu činnú podzemnú elektráreň v Európe. Výrobcom prvej a druhej Peltonovej turbíny je firma ČKD Blansko. V čase vzniku elektrárne, bola na tieto turbíny privádzaná

voda so spádom 245 m iba jedným potrubím so svetlosťou DN 500 mm. Turbíny majú hltnosť 225 l/s, 750 ot./min a poháňajú alternátory firmy Bartelmus-Donáth, typ DG 650 s dnešným výkonom 2 x 380 kW. V tridsiatych rokoch, bolo potrubie v jame doplnené o ďalšiu rúru DN 500 mm, ktorá zabezpečuje zvýšenie prítoku potrebného pre napájanie tretej Peltonovej turbíny s hltnosťou 750 l/s vyrobenej v ČKD Blansko, alternátor so výkonom 1400 kW bol vyrobený v ČKD Praha –Vysočany.

Podzemná elektráreň má celkový inštalovaný výkon 2160 kW a z rozvodne sa el. prúd os napätím 3 kV vedie do povrchovej transformátorovej stanice 3/22 kV. Inštalovaný výkon 2,1 MW je prevádzaný zo spoločnej zbernice v podzemí do spoločnej zbernice na povrchu káblami. Z transformátorovej stanice 3/22 kV je potom ďalej vyvedený do vonkajšej 22 kV rozvodnej siete.

Z meraní pri komplexnej prehliadke VS Turčekovský banský vodovod neboli zistené žiadne javy a skutočnosti, ktoré by mali zatiaľ negatívny vplyv na jej bezpečnú prevádzku. Pri kontrole boli však špecifikované skutočnosti, ktorých odstránením bude možné predĺženie životnosti technologických konštrukcií/zariadení a tým aj bezporuchovej prevádzkyschopnosti celej vodnej stavby.

4. Komplexná kontrola ČS Stretávka

ČS Stretávka 1 (ČS 1) a ČS Stretávka 2 (ČS 2) boli postavené za účelom prečerpávania vnútorných vôd z územia ohraničeného na západe ľavobrežnou hrádzou Laborca, na severe Vihorlatskou nádržou, na východe Záchytným kanálom a na juhu pravostrannou inundačnou hrádzou Uhu.

Čerpacia stanica Stretávka 1 je umiestnená v mieste styku ľavobrežnej ochrannej hrádze Laborca a inundačnej hrádze Uhu. V úrovni čerpacej stanice je na Čiernej vode vybudovaný obdĺžnikový hrádzový priepust hradený vzpernými vrátami pre gravitačné odvádzanie vnútorných vôd, ak to vodný stav na Uhu dovolí. Výstavbou hate Vojany tento stav nenastane, preto sú vzperné vráta natrvalo v polohe „zahradené“. V suteréne čerpacej stanice Stretávka 1 je umiestnených 5 ks čerpadiel vrtuľového typu Sigma VSK 12r, ktoré nasávajú vodu zo sacích komôr pod suterénom a odvádzajú sacími potrubiami DN 1200 mm do odpadného kanála cez tabuľové hradenie resp. provizórne hradenie. Nad suterénom je umiestnená strojovňa čerpacej stanice, v ktorej je umiestnených 5 ks hnacích agregátov čerpadiel a elektropanel.

Budova ČS Stretávka 2 je prízemná s podzemnými priestormi pre sacie komory a káblový priestor. Pozostáva zo strojovne ČS, miestnosti pre elektrorozvádzač a obsluhu. V strojovni sú umiestnené 4 hnacie agregáty čerpadiel a žeriav nosnosti 5 t. Pod strojovňou v suteréne sú umiestnené 4 čerpadlá, ktoré nasávajú vodu zo sacích komôr. Sacie komory sú rozdelené na 2 časti. V každej sacej komore je navrhnuté provizórne hradenie z fošien, ktoré sa použije v prípade opráv čerpacích agregátov..

Komplexná prehliadka bola zameraná na kontrolu technologických zariadení čerpacej stanice a celkovej funkčnosti. Pri kontrole boli skontrolované:

a) Vtoková časť ČS 1
b) Čerpadlá a výtlačné potrubia v suteréne ČS 1
c) Gravitačný obtok
d) Vtoková časť ČS 2
e) Čerpadlá v strojovni ČS 2
f) Výtoková časť - výtlačné potrubia ČS 2

V rámci komplexnej prehliadky čerpacej stanice bolo zrealizované:

- vizuálna kontrola stavu výtlačných potrubí (vonkajšie a vnútorné plochy),
- meranie hrúbky základných materiálov výtlačných potrubí,
- kamerová kontrola výtlačných potrubí,
- meranie vibrácií na ložiskách a na výtlačnom potrubí,
- v rámci nedeštruktívnej defektoskopie meranie korozívneho úbytku vybraných konštrukčných prvkov (výtlačných potrubí) a hrúbky protikorozívnych náterov (PKO),
- zhodnotenie celkového stavu ČS

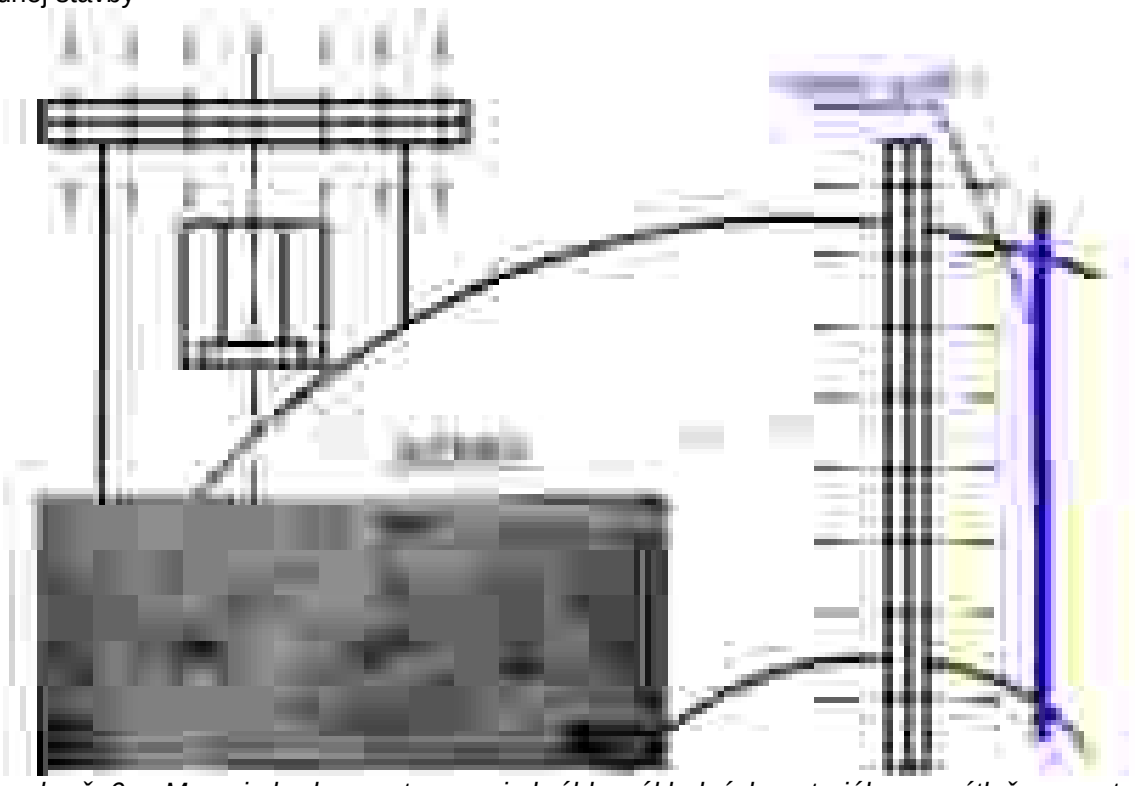
Na dostupných častiach výtlačných potrubí v suteréne ČS 1 bolo vykonané meranie hrúbky základných materiálov a hrúbky protikoróznej ochrany (PKO). Meranie hrúbky základného

materiálu bolo vykonané v jednom profile, pričom na profile boli určené tri meracie body. Odmerané hodnoty sú uvedené v Tab. 2.

Tab.2: *Hrúbky základného materiálu v meracom profile 1 na ČS Stretávka 1 (v mm)*

	Čerpadlo číslo				
Merací bod číslo.	1	2	3	4	5
1	8,5	8,0	8,0	7,9	8,2
2	8,8	8,0	7,9	7,8	8,5
3	8,0	7,7	8,4	8,0	8,1

Vzhľadom na nedostupnosť komplexnej výkresovej dokumentácie, na základe ktorej by mohla byť stanovená pôvodná hrúbka základných materiálov, neboli pre tento meraný profil vypočítané korózne úbytky. Zároveň však vzhľadom na spôsob prevádzkovania výtlačných potrubí, kedy sa nejedná o tlakové potrubia, resp. potrubia zaťažené výškou hladiny, hodnotíme odmerané hrúbky základných materiálov ako dostatočné a nemajúce negatívny vplyv na bezpečnú prevádzku vodnej stavby

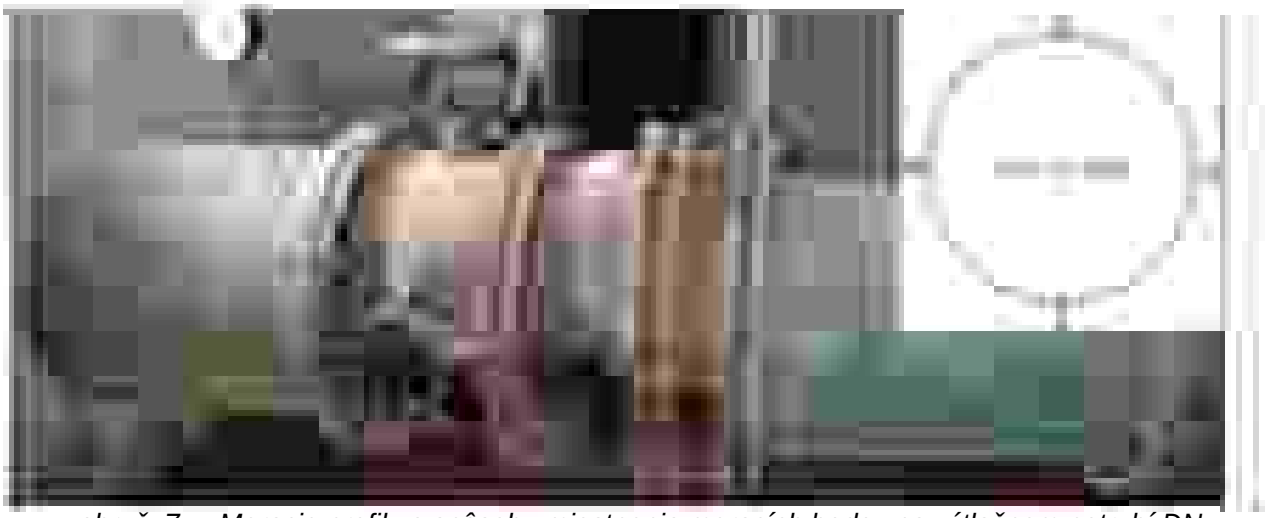


obr. č. 6. Meracie body pre stanovenie hrúbky základných materiálov na výtlačnom potrubí ČS Stretávka 1.

Na výtlačných potrubiach v suteréne ČS Stretávka 2 bolo vykonané meranie hrúbky základných materiálov. Vzhľadom na typ potrubia, ide o oceľové potrubia s oceľovo-liatinovými prvkami, bolo vykonané meranie v dvoch profiloch. V každom profile boli určené 4 meracie body. Hodnota zapísaná v tabuľke výsledkov je priemerom min. 5 meraní. Zo získaných hrúbok základných materiálov boli vypočítané predpokladané korózne úbytky. Ako pôvodná hrúbka bola zvolená maximálna odmeraná hodnota v danom profile t. j. 9,7 mm pri profile A - čerpadlá č. 1 a č. 2 a 8,0 mm pre ostatné merania. Takýto spôsob výpočtu bol zvolený vzhľadom na nedostupnosť pôvodných hrúbok z výkresovej dokumentácie.

Hodnoty korozívnych úbytkov vykazujú značný rozptyl. Najvýraznejšie korózne úbytky boli merané v spodnej časti potrubia (bod 3), t. j. v miestach, kde sa trvalo udržuje voda. V tomto meracom bode boli hodnoty až do cca 22 % úbytku základného materiálu. Takýto úbytok už

predstavuje isté riziko vzhľadom na možné poškodenie potrubia. Taktiež uvádzame, že meranie nebolo vykonané na 100 % povrchov a lokálne sa úbytok môže pohybovať v mierne vyšších hodnotách, ak by meranie bolo vykonané plošne na 100 % povrchov.



obr. č. 7. Meracie profily a spôsob umiestnenia meracích bodov na výtlačnom potrubí DN 600 a DN 800 v suteréne ČS 2.

Tab.3: Hrúbky základného materiálu v meraciom profile A a B (v mm).

	Čerpadlo č. 1		Čerpadlo č. 2		Čerpadlo č. 3		Čerpadlo č. 4	
	Profil A	Profil B	Profil A	Profil B	Profil A	Profil B	Profil A	Profil B
Bod 1	9,7	7,8	9,2	7,6	7,9	7,4	7,0	7,9
Bod 2	9,4	7,3	9,2	7,5	8,0	7,5	7,7	8,0
Bod 3	8,8	6,7	9,0	7,0	7,1	6,25	6,9	6,3
Bod 4	9,3	7,3	9,3	7,4	7,5	7,5	7,2	8,0

Tab.4: Prepočet koróznych úbytkov v meracích bodoch (v %).

	Čerpadlo č. 1		Čerpadlo č. 2		Čerpadlo č. 3		Čerpadlo č. 4	
	Profil A	Profil B	Profil A	Profil B	Profil A	Profil B	Profil A	Profil B
Bod 1	0,00	2,50	5,15	5,00	1,25	7,50	12,50	1,25
Bod 2	3,09	8,75	5,15	6,25	0,00	6,25	3,75	0,00
Bod 3	9,28	16,25	7,22	12,50	11,25	21,88	13,75	21,25
Bod 4	4,12	8,75	4,12	7,50	6,25	6,25	10,00	0,00

Na výtlačných potrubiach na výtokovej časti ČS Stretávka 2 bola vykonaná vizuálna kontrola vnútorných plôch a meranie hrúbky základných materiálov z vnútornej strany potrubia. Taktiež bol vykonaný prepočet hrúbky na korózne úbytky. Vstup do potrubí bol cez otvory priemeru 600 mm a 800 mm. Pričom do potrubí priemeru DN 800 fyzicky vstupoval pracovník TBD a vykonal obhliadku. Do otvorov DN 600 bola vložená videokamera na pohyblivom podvozku s diaľkovým ovládaním a potrubie bolo kontrolované nepriamo cez videozáznam.

Na potrubiach DN 800 bolo vykonané meranie hrúbok. Hrúbky boli merané každých cca 8 m od vstupu do potrubia (pri montážnych zvaroch na potrubí) do vzdialenosti cca 32 m. V každom meranom profile boli zvolené 4 meracie body, pričom v bode boli vykonané min. 3 merania a ich priemer bol zapísaný do tabuľky. Vzhľadom na získané hodnoty z merania boli vypočítané korózne úbytky na potrubiach. Pre nedostatočnú výkresovú dokumentáciu bola pôvodná hrúbka stanovená na 10 mm pre vzdialenosť 1,5 a 8 m od vstupu a 8 mm pre všetky ostatné vzdialenosti. Takýto spôsob výpočtu bol zvolený vzhľadom na nedostupnosť pôvodných hrúbok z výkresovej dokumentácie.

Tab.5: Hodnoty hrúbky základného materiálu v jednotlivých vzdialenostiach od vstupu (v mm).

Ľavé potrubie DN800					Pravé potrubie DN800				
vzdialenosť	1	2	3	4	vzdialenosť	1	2	3	4
1,5 m	9,5	9,3	9,1	9,4	1,5 m	9,4	9,3	9,3	9,4
8 m	8,9	8,8	8,5	9	8 m	9,5	9,1	8,3	9,5
16 m	7,3	8,7	8,6	7,4	16 m	7,5	7,3	7,3	7,9
24 m	7,8	7,7	7,4	7,7	24 m	7,6	7,7	6,4	7,4
32 m	7,7	7,7	7,3	7,5	32 m	7,5	7,8	7,0	7,6

Tab.6: Hodnoty koróznych úbytkov v jednotlivých vzdialenostiach od vstupu (v %).

Ľavé potrubie DN800					Pravé potrubie DN800				
vzdialenosť	1	2	3	4	vzdialenosť	1	2	3	4
1,5 m	5,0	7,0	9,0	6,0	1,5 m	6,0	7,0	7,0	6,0
8 m	11,0	12,0	15,0	10,0	8 m	5,0	9,0	17,0	5,0
16 m	8,8	13,0	14,0	7,5	16 m	6,3	8,8	8,8	1,3
24 m	2,5	3,8	7,5	3,8	24 m	5,0	3,8	20,0	7,5
32 m	3,8	3,8	8,8	6,3	32 m	6,3	2,5	12,5	5,0

Hodnoty korozívnych úbytkov vykazujú značný rozptyl. Najvýraznejšie korózne úbytky boli merané v spodnej časti potrubia (bod 3), t. j. v miestach, kde sa trvalo udržuje vlhkosť. V tomto meracom bode boli hodnoty až do cca 20 % úbytku základného materiálu. Taktiež možno hodnotiť, že so zväčšujúcou sa vzdialenosťou od vstupu korózne úbytky rastú. Úbytok základného materiálu na úrovni 20 % už predstavuje isté riziko vzhľadom na možné poškodenie potrubia. Zároveň však vzhľadom na netlakový charakter potrubia nepovažujeme takéto zistenie za ohrozenie prevádzkyschopnosti vodnej stavby. Uvedené meranie zároveň nebolo vykonané na 100 % povrchov a preto sa môže lokálne úbytok pohybovať v mierne vyšších hodnotách, ak by meranie bolo vykonané plošne na 100 % povrchov. Odporúčame vykonať obnovu PKO vnútorných povrchov, tak ako je to uvedené vyššie. Zároveň odporúčame aktuálny stav priebežne sledovať a merania koróznych úbytkov na potrubiach vykonávať aspoň 1 x za 5 rokov.

Na potrubiach priemeru DN 600 nebolo vykonané meranie hrúbky základných materiálov. Zároveň však vzhľadom na rovnaký spôsob prevádzkovania aj na zistenia z vykonaného videomonitoringu predpokladáme, že tieto potrubia budú v obdobnom technickom stave ako sú potrubia DN 800. Priemer potrubia technicky pravdepodobne nedovoľuje mechanické očistenie vnútorných povrchov, preto odporúčame vykonávať videomonitoring potrubia min. 1 x za 10 rokov napr. ako súčasť komplexnej prehliadky.

5. Kontrolné meranie VS Kunov

Prívodné potrubie DN 500 k malej vodnej elektrárni je vedené v šachte výtoku dnových výpustov. Uložené je na armatúrnych podperách vyrobených z oceľových U profilov. Vzhľadom na poškodenia dilatačných škár prechádzajúcich priečne cez dĺžku výtokovej šachty, bol povrch potrubia dlhodobo výrazne lokálne zaťažovaný vodou. Zároveň je potrubie situované vo výtoku dnových výpustov, t. j. potrubie môže byť pri vypúšťaný vyšších prietokov úplne zatopené.

Na 6 profiloch prívodného potrubia do malej vodnej elektrárne bolo vykonané meranie hrúbky základného materiálu a bol vykonaný približný výpočet koróznych úbytkov. Meranie hrúbky základného materiálu bolo vykonané v 4 bodoch (po obvode kružnice 0°, 90°, 180° a 270°) pre daný profil, pričom výsledná hodnota je priemerom minimálne troch meraní v danom bode. Mimo uvedených profilov boli merané bodové hodnoty v miestach vizuálne najväčšieho korózneho

napadnutia. V jednom mieste bolo vykonané meranie hrúbky základného materiálu na U profile armatúrnej podpery potrubia, boli vypočítané korózne úbytky pre tento profil. Namerané a vypočítané údaje sú uvedené v tabuľkách a obrázkoch nižšie.



obr. č. 8. Prepojenie korózneho „pupáku“ na základný materiál.



obr. č. 9. Korózne produkty na povrchu potrubia.

Vzhľadom na to, že nebola pre výpočet koróznych úbytkov dostupná projektová dokumentácia, bola ako pôvodná hodnota hrúbky potrubia stanovaná maximálna meraná hodnota a to 8,00 mm. Takýmto postupom vypočítané približné korozívne úbytky sa pohybovali v rozsahu od 6,25 až do 35,00 %, t. j. rozptyl zistených úbytkov je značný. Zároveň v najviac exponovaných miestach boli úbytky nad hodnotou 30 % (viď zvýraznené hodnoty v tabuľkách). Takýto úbytok môže mať zásadný vplyv na statickú pevnosť konštrukcie. Vzhľadom na odmerané hrúbky základných materiálov a vypočítané hodnoty koróznych úbytkov odporúčame bezodkladnú opravu poškodených častí potrubia, resp. výmenu celého prívodného potrubia. Zároveň s opravou/výmenou potrubia odporúčame vykonať obnovu náterov pozostávajúcu z mechanického odstránenia koróznych splodín a pôvodných starých náterov na koróziou poškodených miestach potrubia a armatúr k nemu a následnému aplikovaniu náterového systému do prostredia s trvalým ponorom.



obr. č. 10. Lamelarita na U profile podpery.

U profil použitý pre podperné armatúry je normovaným profilom a teda výpočet koróznych úbytkov je možný vzhľadom na tabuľové rozmery profilu. Korozívne úbytky na meranom U profile predstavovali maximálne 48,80 %, pričom vo všetkých odmeraných miestach bol úbytok viac ako 30 %. Uvedené korózne úbytky majú zásadný vplyv na statickú pevnosť celku. Zároveň je potrebné uviesť, že vybratá podpera bola vizuálne najviac poškodená koróznym napadnutí a preto je možné predpokladať, že na ostatných podperách budú úbytky nižšie. Vzhľadom na odmerané a vypočítané hodnoty odporúčame bezodkladnú výmenu koróziou napadnutých podpier, minimálne podpier ktoré sa nachádzajú v priestoroch pod poškodenými dilatáciami a sú na celom povrchu napadnuté koróziou.

Vzhľadom na vykonané merania a výpočty a z nich získané hotnoty o koróznom poškodení kontrolovanej oceľovej konštukcie:

- Odporúčame vykonať bezodkladnú opravu poškodených častí potrubia, resp. výmenu celého prívodného potrubia.
- Odporúčame vykonať bezodkladnú výmenu koróziu napadnutých armatúrnych podpier, minimálne podpier ktoré sa nachádzajú v priestoroch pod poškodenými dilatáciami a sú na celom povrchu napadnuté koróziou.

6. Kontrolné meranie prívodných potrubí na malú vodnú elektráreň VD Žilina

Na vodnom diele Žilina boli vykonané kontrolné meranie a kontrolná obhliadka zamerané na technologické zariadenia a NDT. Kontrolované boli prívodné potrubia na malú vodnú elektráreň DN 800 a DN 500.

V čase kontrolnej obhliadky prebiehali na prívodných potrubiach prípravné práce pre obnovu protikoróznych náterov na prívodných potrubiach k MVE. Technológiou pieskovania boli z potrubí odstraňované pôvodné, staré nátery. Počas pieskovania bol zaznamenaný priesak vody (striekajúca voda) na potrubí DN 500. Tlak vody v potrubiach predstavuje cca 180kPa. Tento priesak bol operatívne opravený prekrytím poškodenej časti oceľovým plechom a jeho tesným privarením k pôvodnej rúre kútovým obvodovým zvarovým spojom. Tento spôsob opravy danej chyby považujeme len za krajné a dočasné riešenie. Po zaznamenanom priesaku na potrubí DN 500 boli prípravné práce dočasne pozastavené.

Na potrubiach bolo vykonané meranie korozívnych úbytkov ultrazvukovou metódou. Spôsob umiestnenia jednotlivých meracích bodov je na obr. 2. Meracie profily boli umiestnené každých cca 8 m potrubia, pričom nulovým bodom bola stenová priečka smerom od MVE (obr. 1. vzadu). Pre potreby merania boli na meracích profiloch očistené plôšky do kovového lesku o veľkosti cca 2 cm^2.

V danom meranom bode bolo následne vykonaných 5 meraní, pričom výsledná hodnota je priemernou hodnotou týchto meraní.



obr. č. 11. Prívodné potrubia DN 500 (hore) a DN 800 (dole) na MVE



obr. č. 12. Miesto merania korózneho úbytku s viditeľným jemným priesakom.

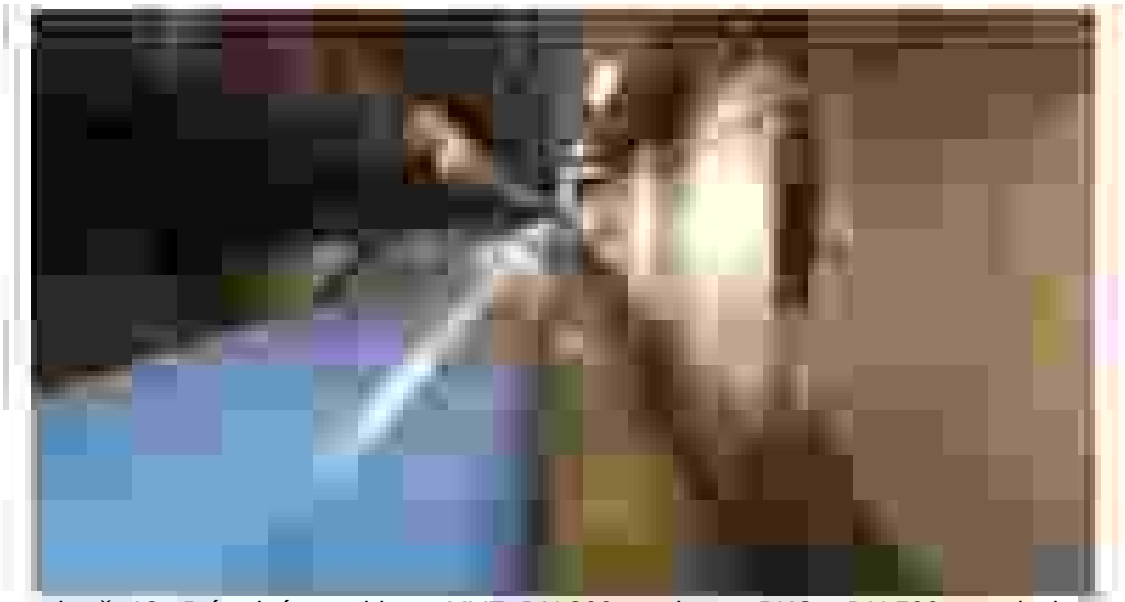
Pôvodné hrúbky prívodných potrubí nebolo možné z dostupnej dokumentácie jednoznačne určiť. Hodnoty pôvodných hrúbok sú len našim odhadom na základe získaných odmeraných výsledkov. Predpokladáme, že pôvodná hrúbka plechov prívodného potrubia DN 800 bola 8 mm a potrubia DN 500 6 mm. Pri prepočte následne vyplýva, že maximálny korózny úbytok na potrubí DN 800 predstavoval 18,75% (1,5mm); priemerný korozívny úbytok bol na úrovni cca 10%. Takáto hodnota nemá zásadný vplyv na životnosť konštrukčného celku. Na potrubí DN 500 bol priemerný korozívny úbytok okolo 6%, avšak maximálny korózny úbytok až 53% (3,2mm). V meracom bode maximálneho korózneho úbytku bol zároveň zaznamenaný aj jemný priesak (Obr. 3). Takýto výrazný úbytok základného materiálu bol meraný len v jednom meranom profile. Úbytok materiálu na takejto úrovni má výrazný vplyv na mechanické vlastnosti a teda aj na životnosť kontrolovaného celku.

Pre presnejšie a reálnejšie zistenie skutkového stavu zmeny hrúbky vplyvom korózie by bolo potrebné vykonať meranie s hustejšiu sieťou meracích bodov, respektíve vykonať meranie založené

na skenovaní kompletného povrchu, s možnosťou vytvorenia 3D profilu korózneho napadnutia vnútorných stien oboch rúr.

Na základe bodového charakteru prejaveného korózneho napadnutia rúr (priesaky zaznamenané pri pieskovaní a pri meraní hrúbok základného materiálu) sa pravdepodobne jedná o jamkovú koróziu vnútorných povrchov rúr. Táto môže mať výrazne nerovnomerný charakter, prejavy budú najmä lokálne, bodové a veľmi ťažko predikovateľné. Odporúčame na základne výsledkov meraní a našich predpokladov, výmenu celého potrubného vedenia. Pôvodné potrubie je, vplyvom veku a napadnutia vnútorných stien koróziou, na konci svojej životnosti.

Na potrubí DN 800 sa nachádza nový náter a potrubie ďalej nekoroduje. Potrubie DN 500 bolo vymenené za nové, pozinkované, spájané spojkami (nie zvárané).



obr. č. 13. Prívodné potrubia na MVE: DN 800 po obnove PKO a DN 500 po opieskovaní.

7. Záver:

Nedeštruktívne metódy kontroly, v prípade TBD najmä ultrazvukové meranie hrúbky, sú kľúčovým nástrojom pri kontrole kvality rôznych typov konštrukcií na vodných stavách. Umožňujú včasné odhalenie koróznych úbytkov a iných degradácií (napr. mechanických, chemických) bez poškodenia konštrukcie. Výsledky z pravidelných kontrolných obhliadok ukazujú, že väčšina sledovaných konštrukií nevykazuje zásadné poškodenia a sú v dobrom technickom stave. Pri kontrolách však boli zistené aj významné korózne úbytky (až nad 30 %), ktoré predstavujú riziko pre bezpečnosť a vyžadujú okamžité opatrenia – opravy, obnovu protikoróznej ochrany alebo výmenu potrubí. Pravidelné kontrolné obhliadky a kontrolné merania s použitím NDT metód sú zásadne dôležitým nástrojom pre predĺženie životnosti oceľových konštrukcií a udržanie bezpečnej prevádzky vodných stavieb.

DAWELL CZ
INDUCTION | RESISTANCE HEATING



PROCES ROVNÁNÍ

INDUKČNÍ OHŘEV PRO APLIKACE VE SVÁŘECÍM PRŮMYSLU

EFEKTIVNÍ NÁHRADA AUTOGENU

Ve spolupráci s naším obchodním partnerem:

solik

© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

ROVNÁNÍ JE NEDÍLNOU SOUČÁSTÍ SVÁŘOVACÍHO (a dalších) ODVĚTVÍ





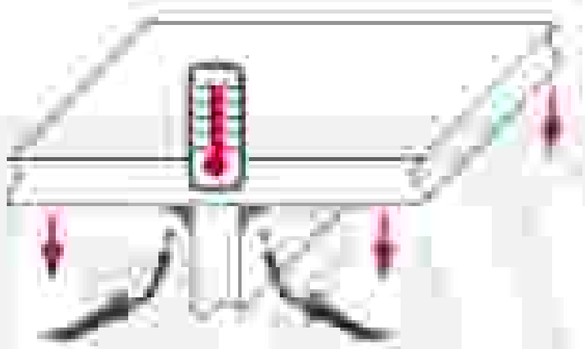




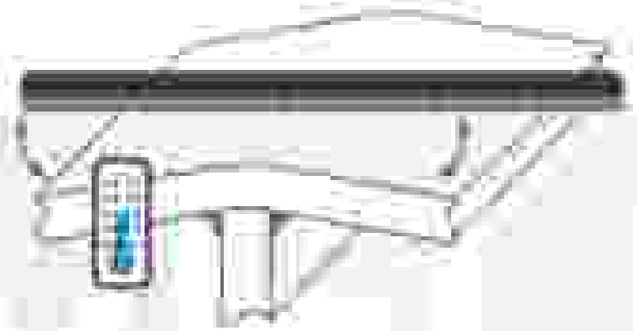
© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

POSTUP ROVNÁNÍ INDUKCÍ

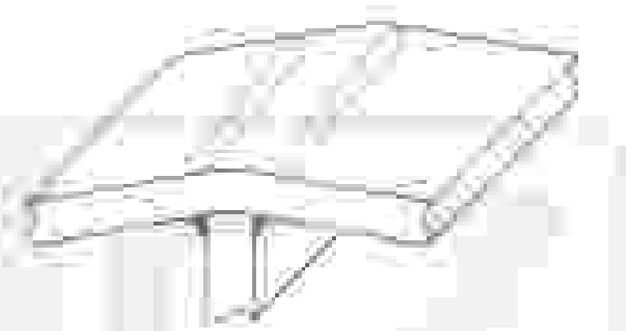
1 Svařování.



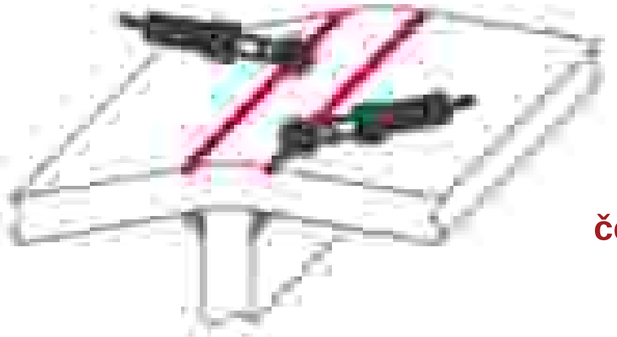
2 Po ochlazení změřit velikost deformace.



3 Označit místa pro rovnání.



4 Indukční ohřev správnou teplotou.





5 Znovu přeměřit po ochlazení.



6 Opakovat v případě potřeby.



© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

INDUKCE vs AUTOGEN

Existují dvě zlatá pravidla „DAWELLINGU“ při rovnání:

Teplo musí být aplikováno rychle.

Ohřev musí být lokální.



© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

STROJE URČENÉ PRO SVÁŘEČSKÝ TRH



DHI-190F HD



DHI-121F



DHC 6510R
předehřev
ohřev po svařování
snížení pnutí



© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

PRINCIP APLIKACE

Kovy se roztahují při zahřívání a smršťují při ochlazování.

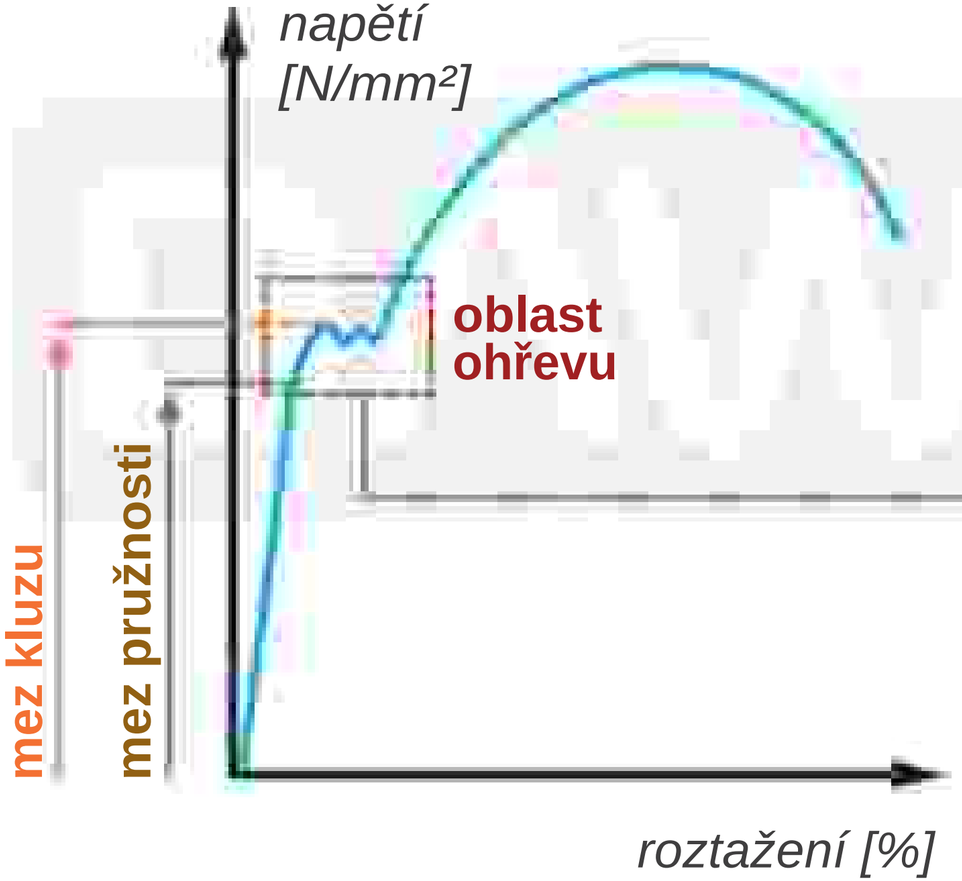
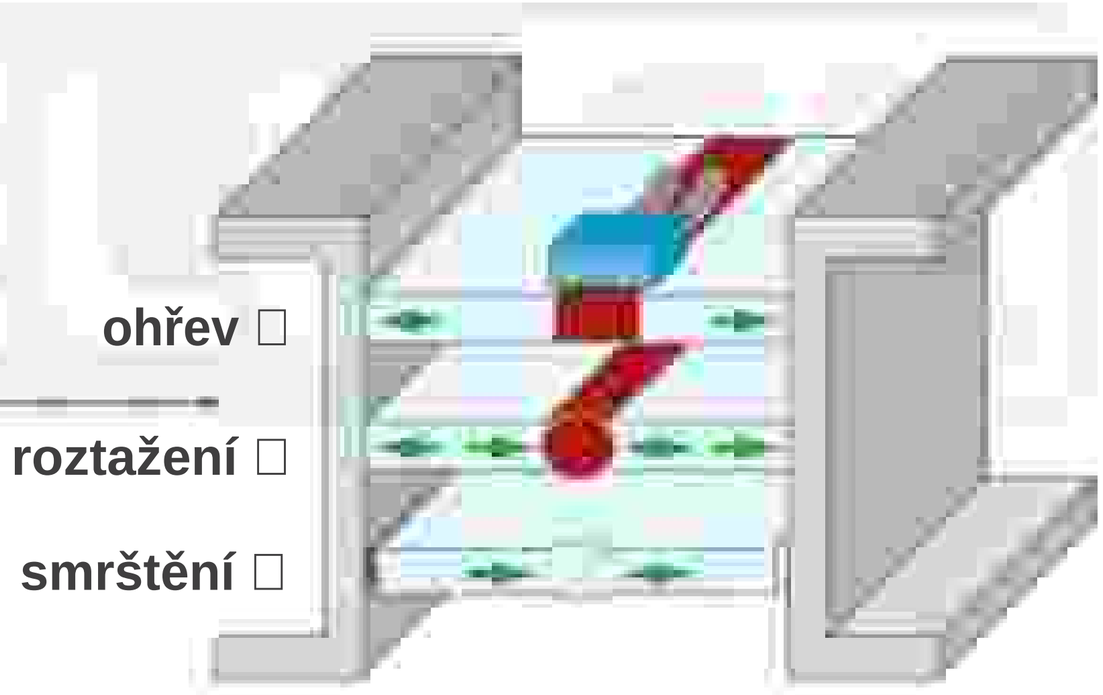


Diagram napětí a deformace



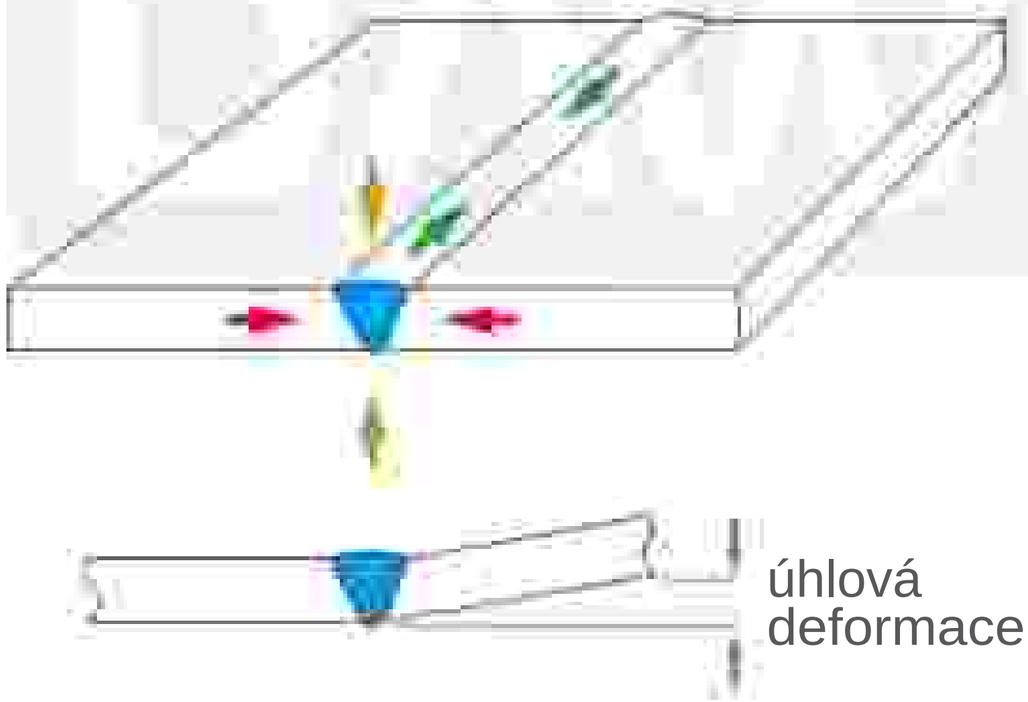
Princip rovnání

© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

TYPY SMRŠŤOVÁNÍ PO SVAŘOVÁNÍ

DEFORMACE PŘI ZÁKLADNÍM SVARU

podélné smrštění
příčné smrštění
smrštění tloušťky

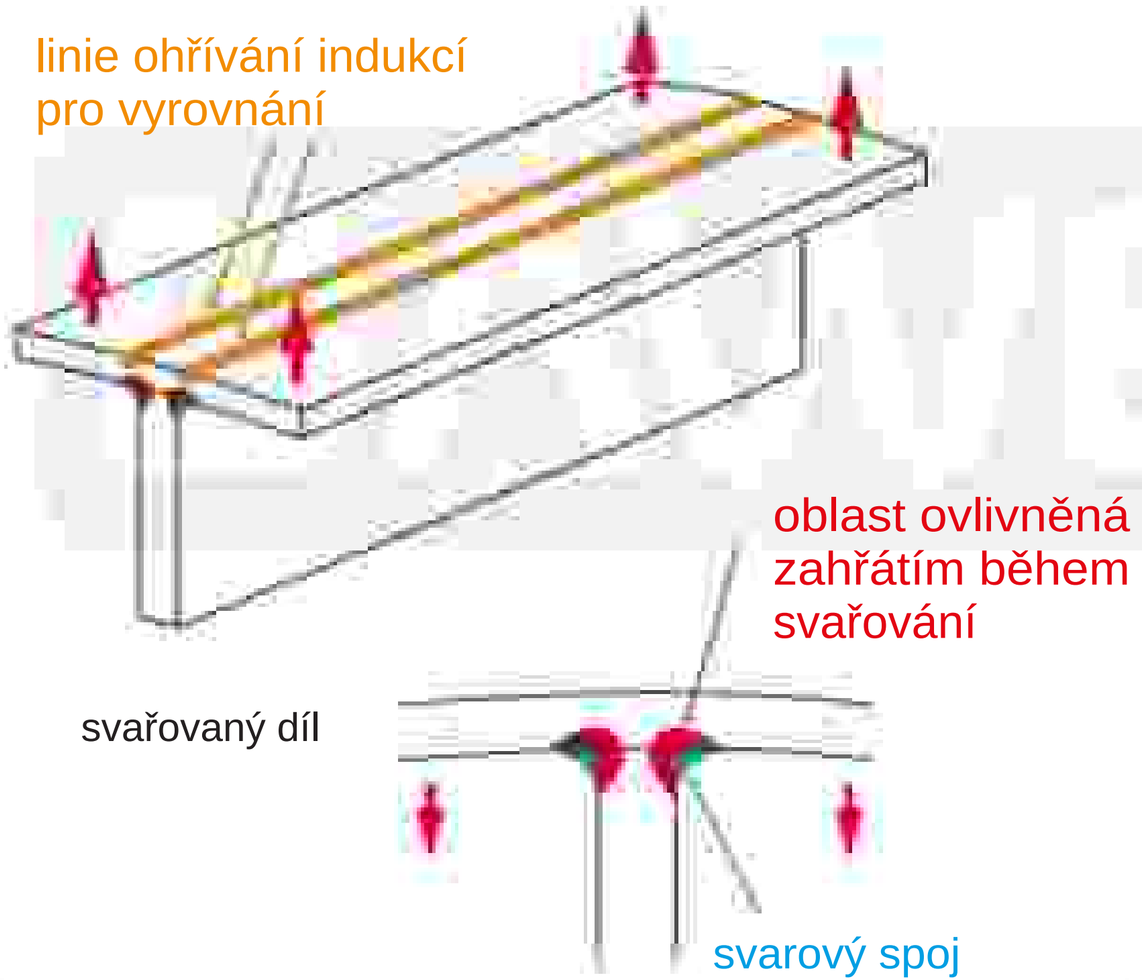


Rovnání indukčním ohřevem je možné použít pro opravu dílů, jejichž tvar byl změněn působením tepla během svařování.

© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

TYPY SMRŠŤOVÁNÍ PO SVAŘOVÁNÍ

DEFORMACE PŘI KOUTOVÉM SVARU

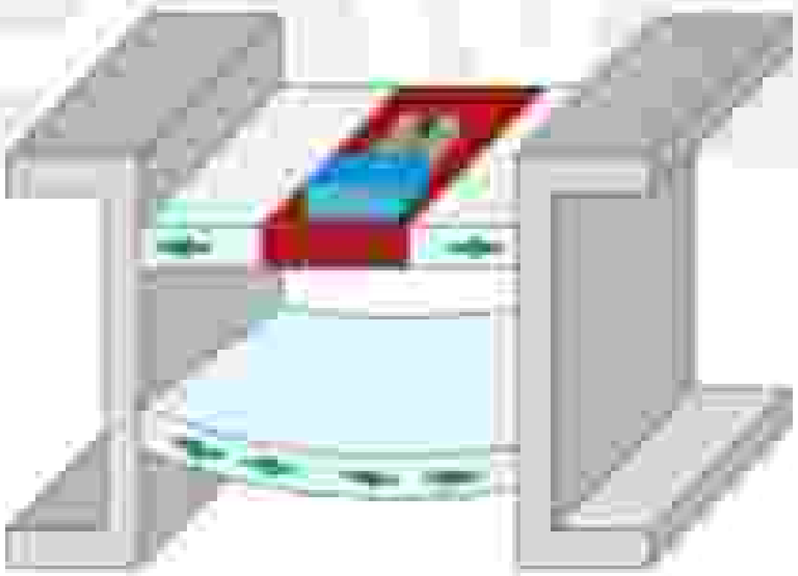


Materiál je potřeba lokálně zahřát pro dosažení určité tepelné roztažnosti.

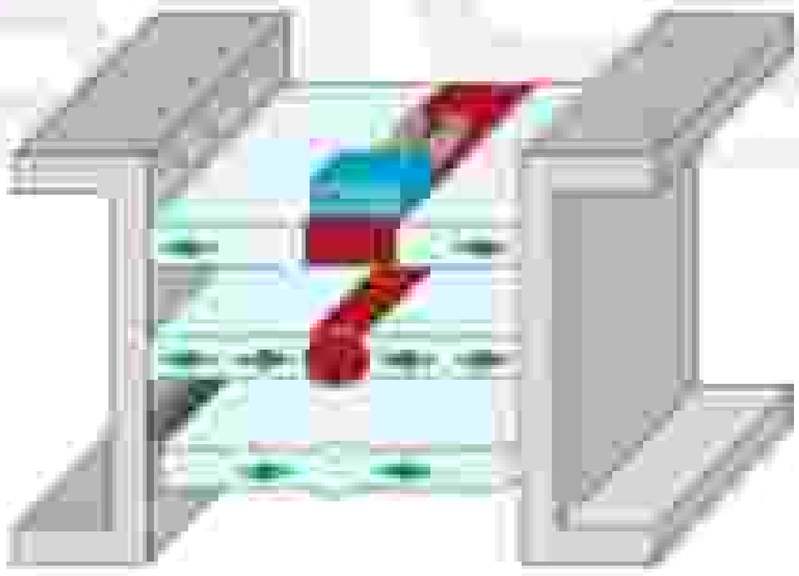
© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

DEFORMACE A ROVNÁNÍ

Příliš mnoho tepla
do okolního materiálu
způsobí deformaci dílu.

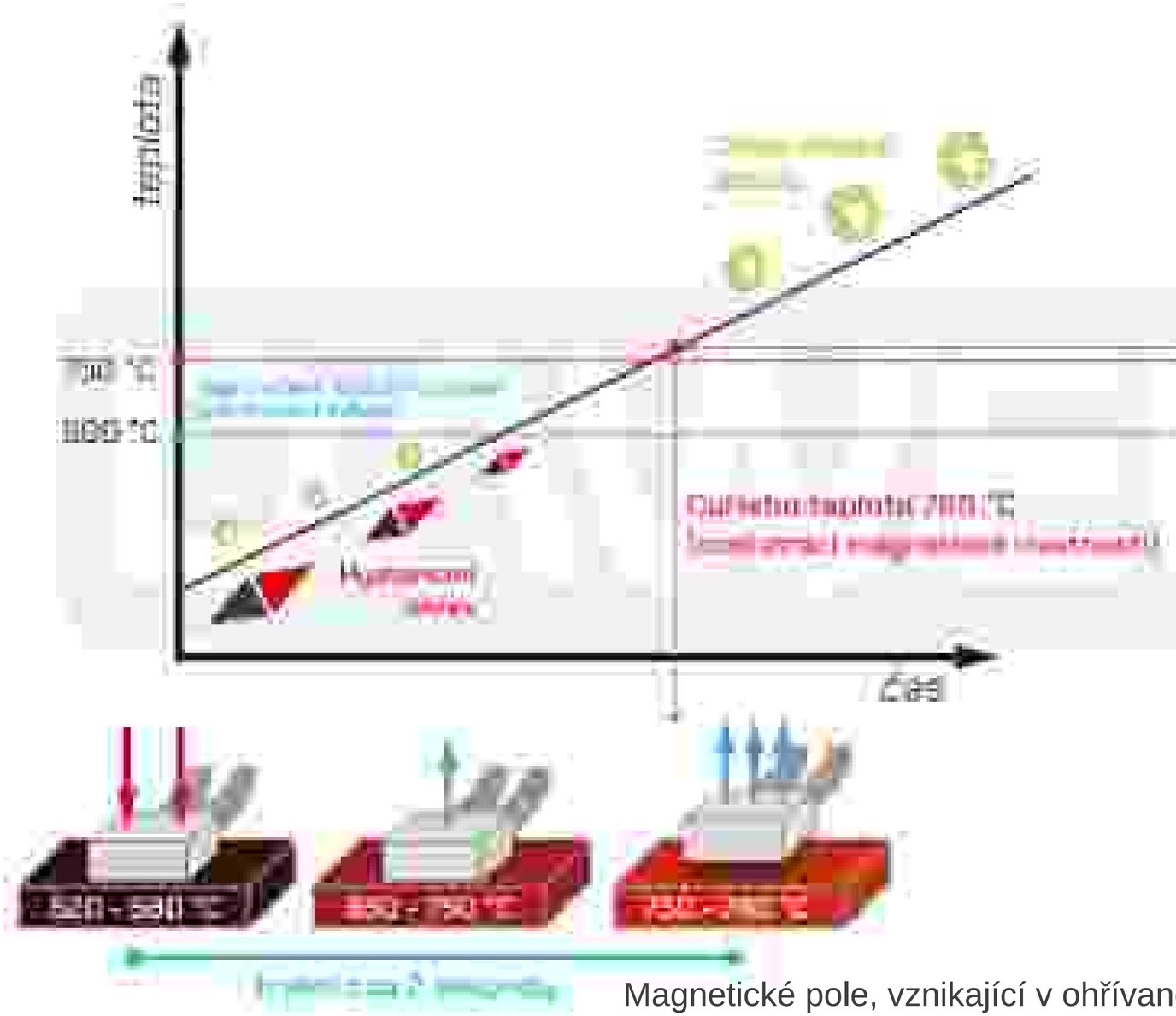


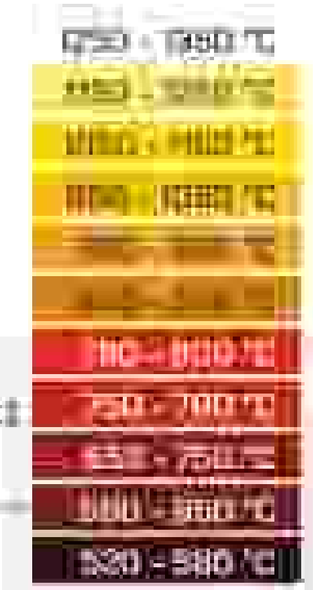
Okolní chladný kov omezuje tepelnou roztažnost. Rychlý a lokální ohřev zajistí zvětšení obejmu zahřáté oblasti a následné zkrácení.



© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

TEPLOTA A MAGNETISMUS





Ideální vedení feritu
v přibližně 2° náklonu

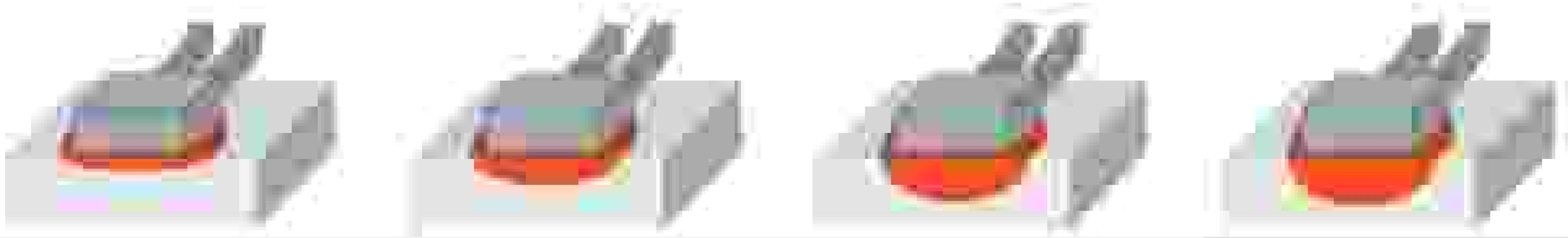


Magnetické pole, vznikající v ohřívaném materiálu, vytváří odpudivé síly.

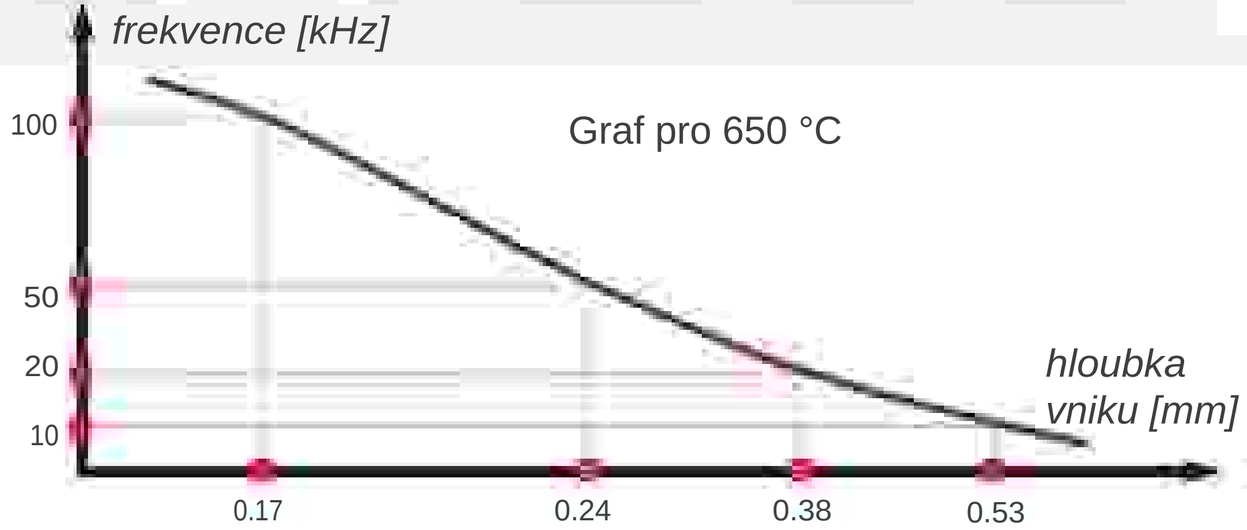
Odpudivé magnetické síly v ohřátém materiálu mají tendenci nakloněný ferit posouvat ve směru ohřevu.

© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

HLOUBKA VNIKU - UHLÍKOVÁ OCEL

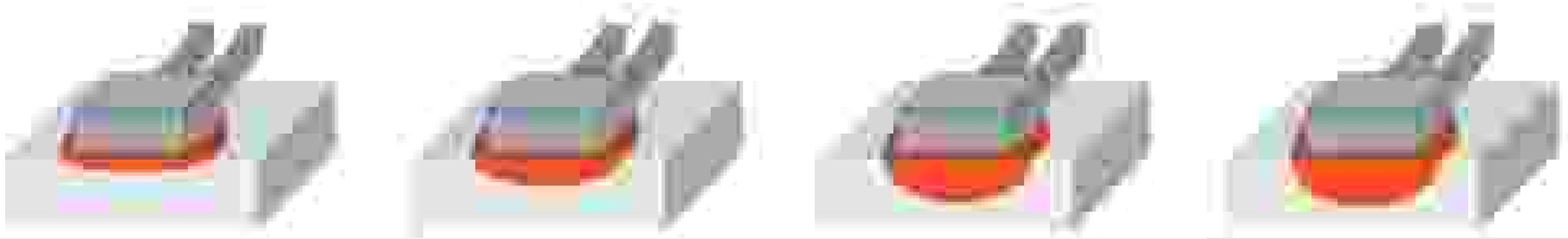


	100 kHz	50 kHz	20 kHz	10 kHz
pro 20 °C □	**0.07 mm**	**0.1 mm**	**0.16 mm**	**0.23 mm**
pro 650 °C □	**0.17 mm**	**0.24 mm**	**0.38 mm**	**0.53 mm**

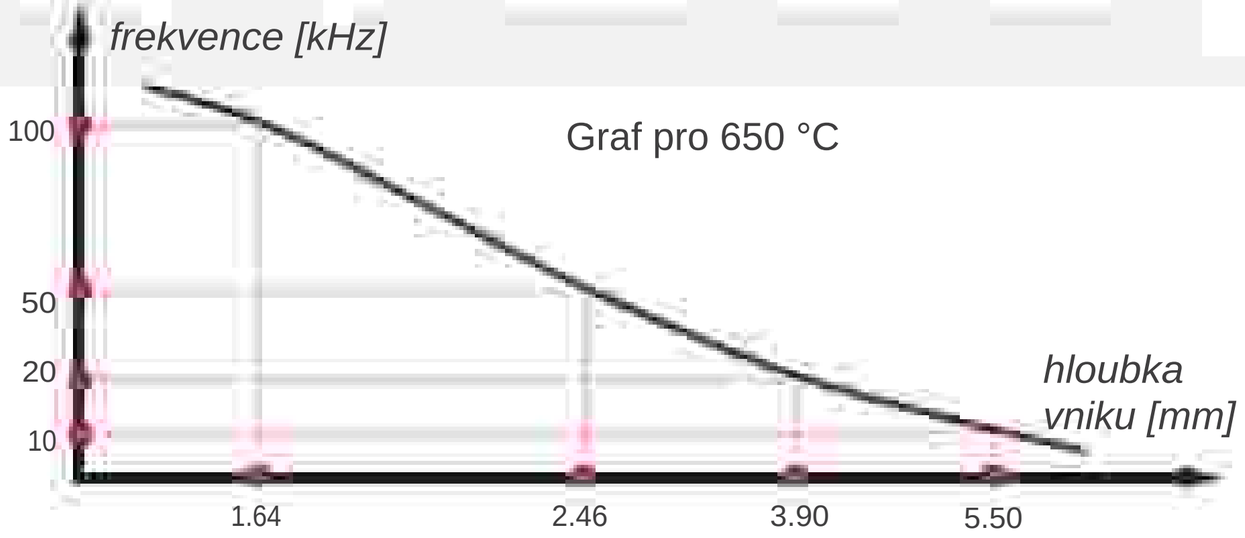


© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

HLOUBKA VNIKU - NEREZOVÁ OCEL



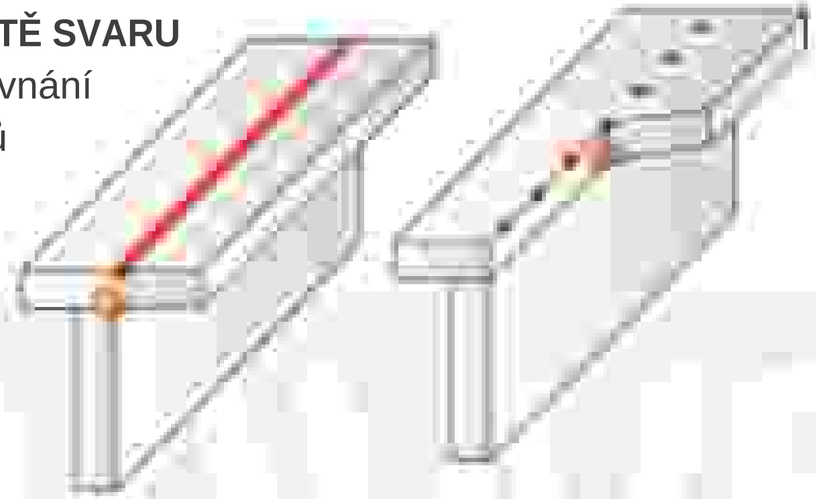
	100 kHz	50 kHz	20 kHz	10 kHz
pro 20 °C □	**1.35 mm**	**1.90 mm**	**3.00 mm**	**4.30 mm**
pro 650 °C □	**1.64 mm**	**2.46 mm**	**3.90 mm**	**5.50 mm**



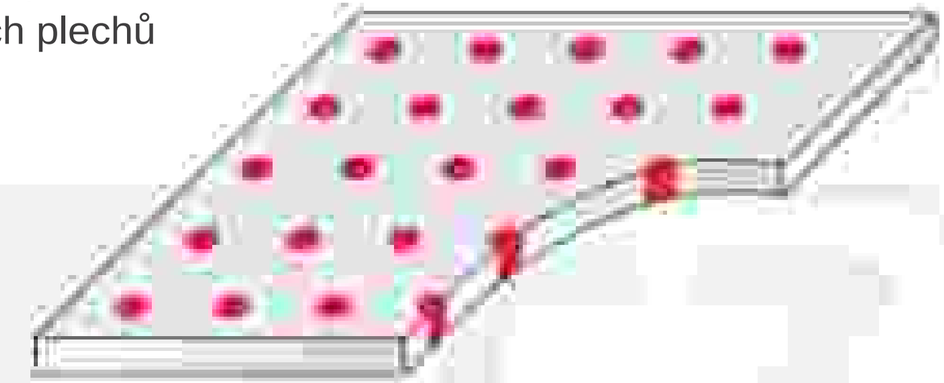
© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

METODY ROVNÁNÍ PO SVAŘOVÁNÍ

OHŘEV V MÍSTĚ SVARU
vhodné pro rovnání
silných plechů



BODOVÁ METODA
vhodné pro rovnání
tenkých plechů



KLÍNOVÁ METODA
vhodné pro rovnání
profilů a nosníků

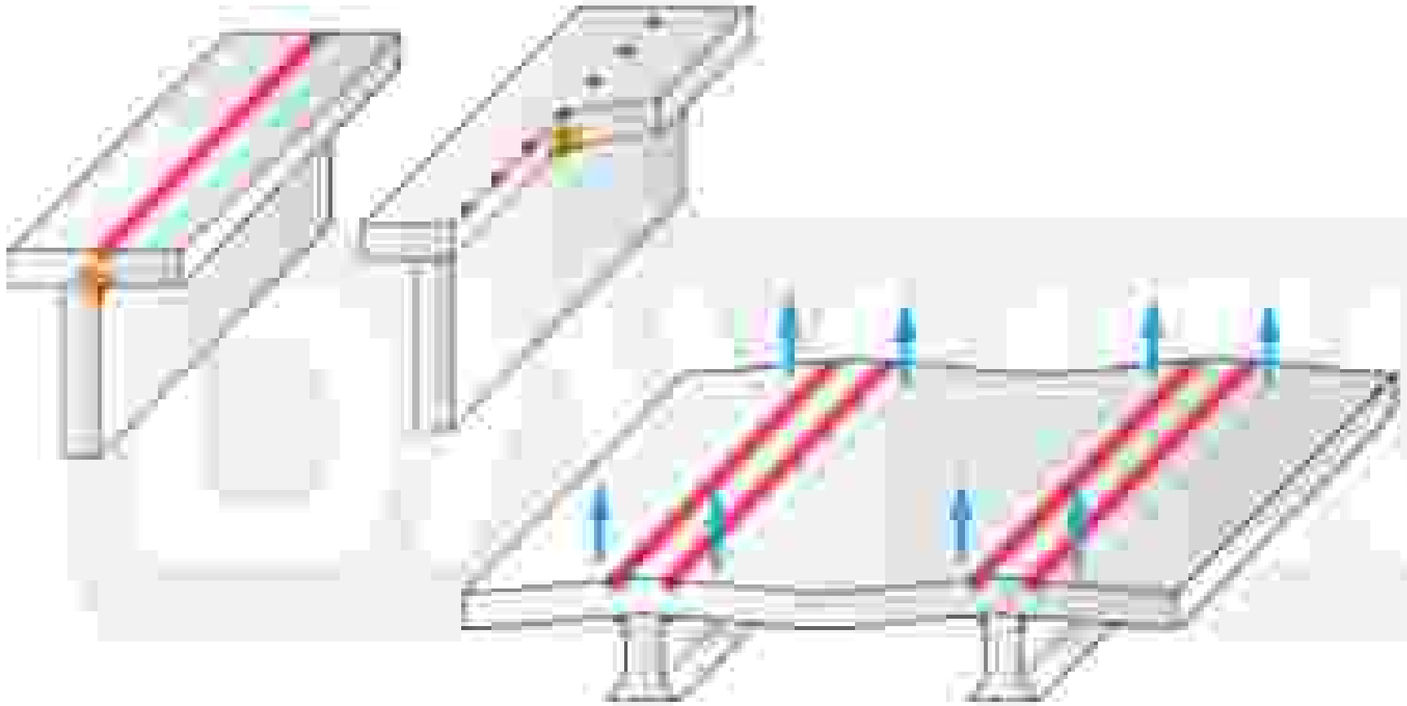


METODA TEPLOTNÍCH OVÁLŮ
vhodné pro rovnání trubek



© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

OHŘEV V MÍSTĚ SVARU



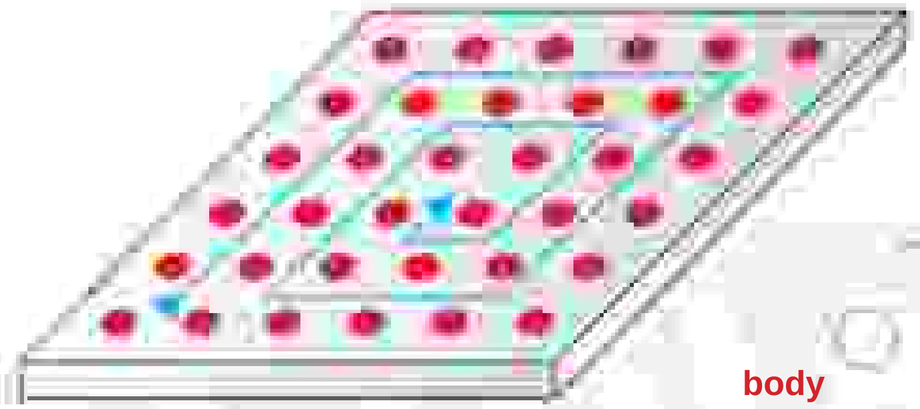


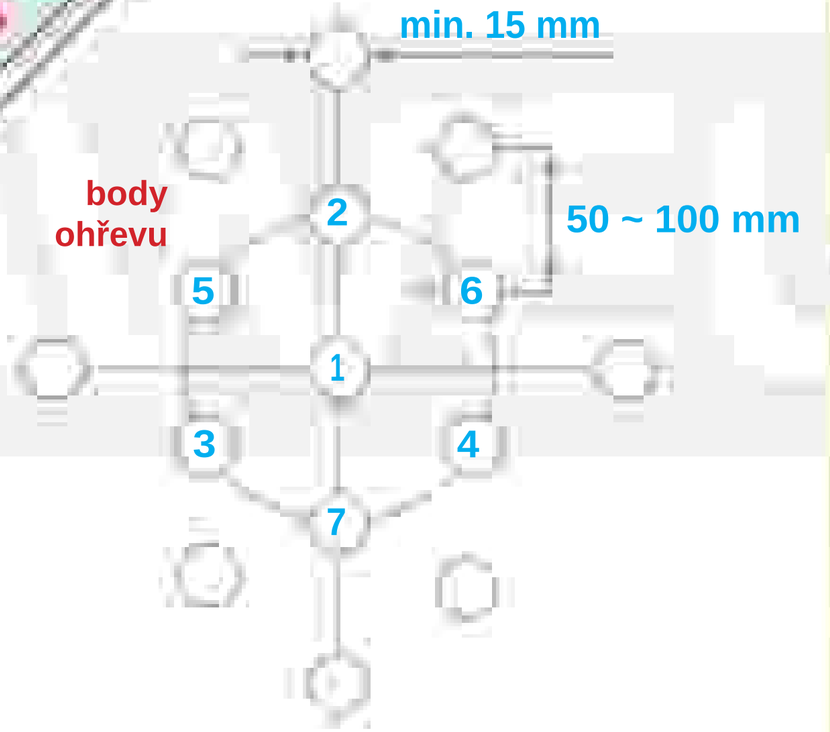


Aplikace: Snížení úhlové deformace.

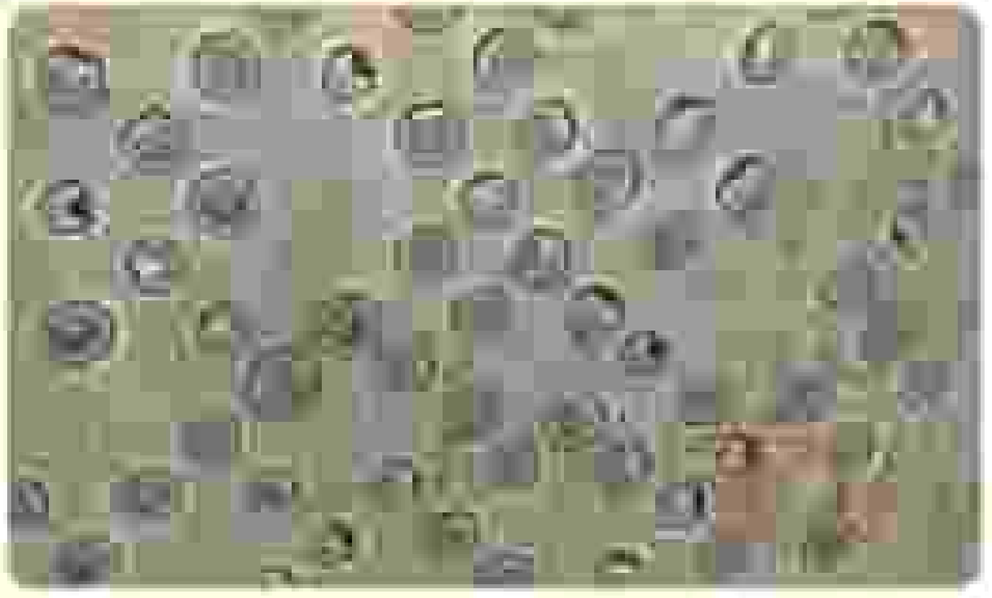
© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

BODOVÁ METODA





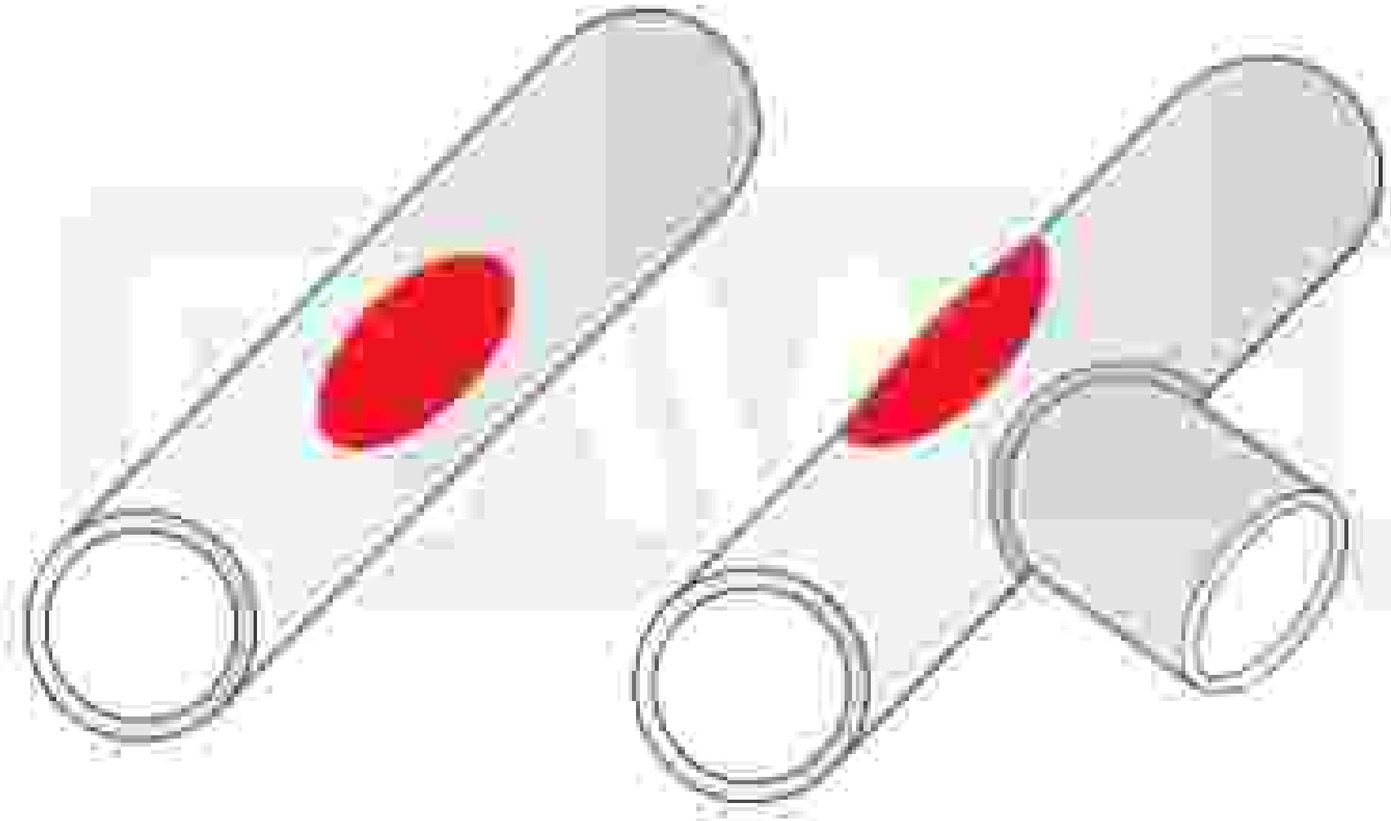


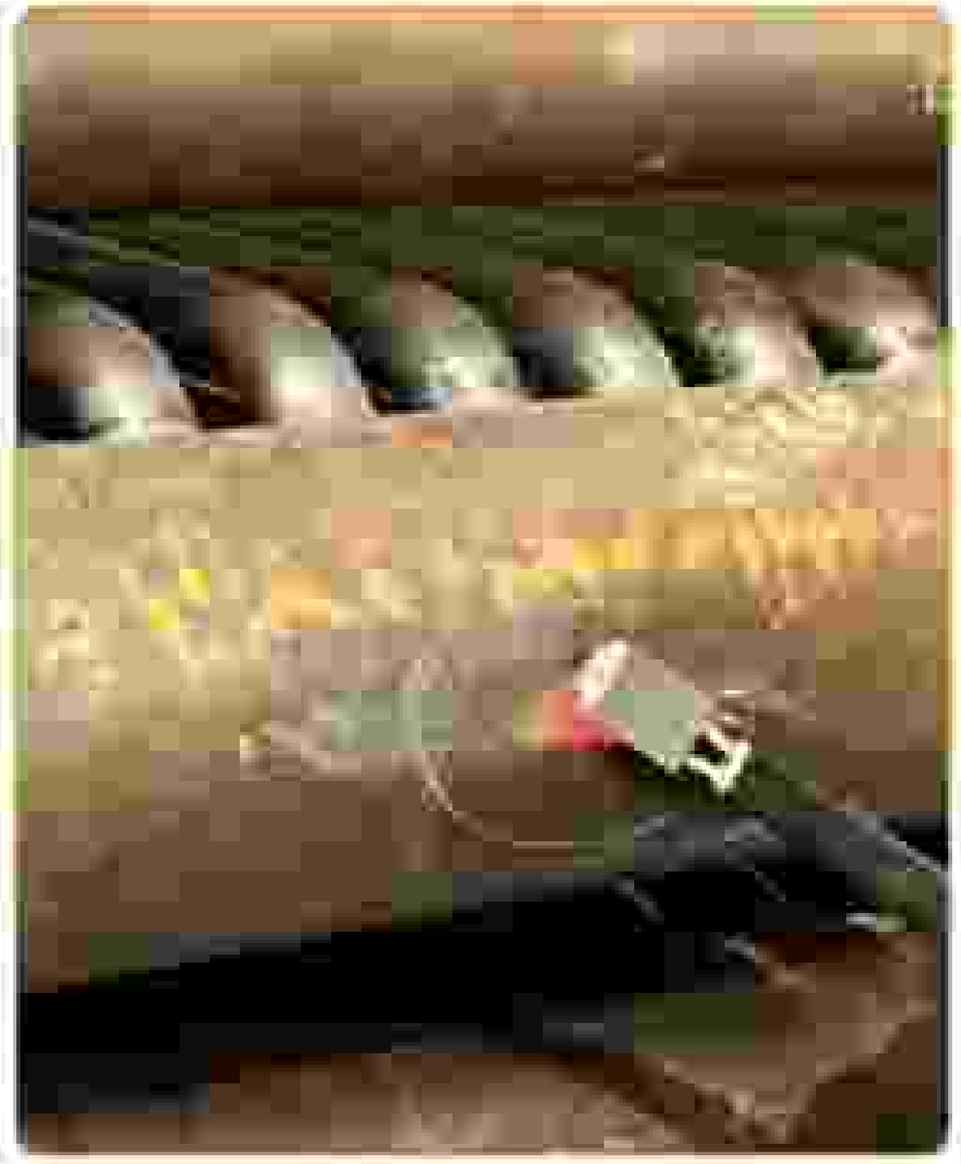


Aplikace: Desky, trubky, hřídele.

© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

METODA TEPLOTNÍCH OVÁLŮ

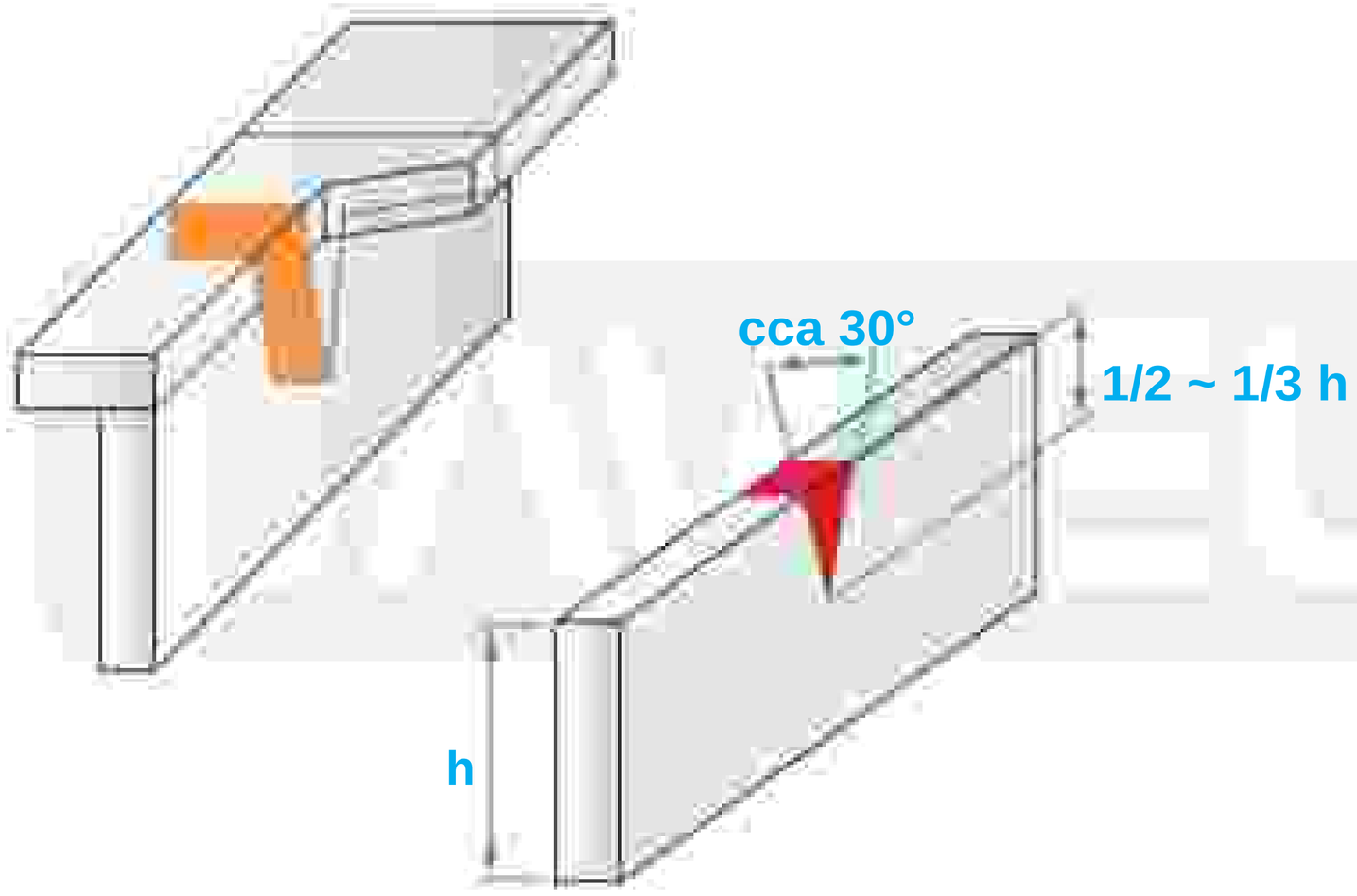




Aplikace: Trubky, potrubí

© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

KLÍNOVÁ METODA







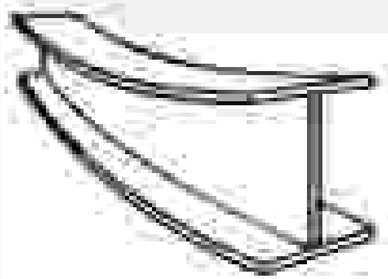
Aplikace: Na velké deformace, např. profilů a úzkých kovových desek.

© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

TYPY DEFORMACÍ

Pokřivené, ohnuté, zkroucené a promáčknuté díly se pomocí indukce rovnají rychle a bez poškození materiálu.

PROHNUTÍ V PODÉLNÉ OSE (strong axis)



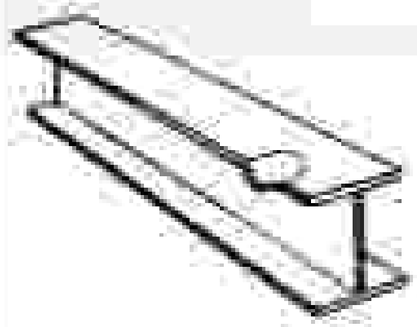
PROHNUTÍ V PŘÍČNÉ OSE (weak axis)



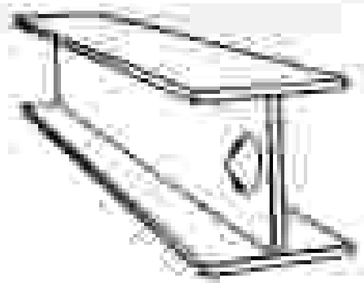
ZKROUCENÍ (torsional)



LOKÁLNÍ POŠKOZENÍ I (local, flange)



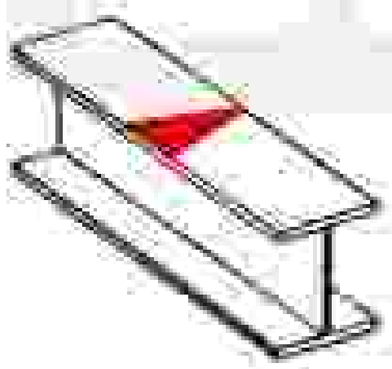
LOKÁLNÍ POŠKOZENÍ II (local, flange)



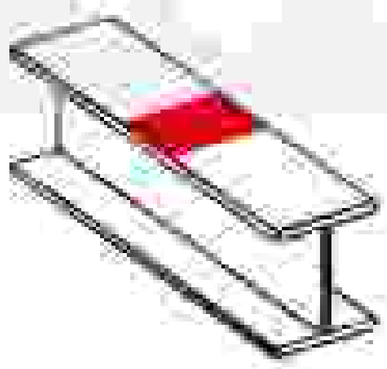
© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

ZÁKLADNÍ POSTUPY OHŘEVU PRO VYROVNÁNÍ DEFORMACÍ

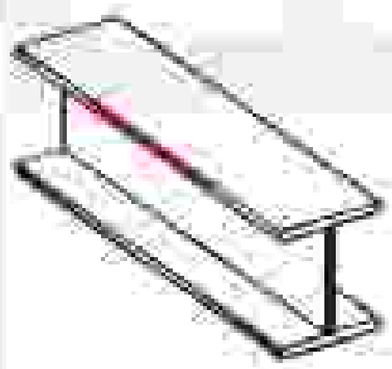
ZAHŘÍVÁNÍ DO „V“



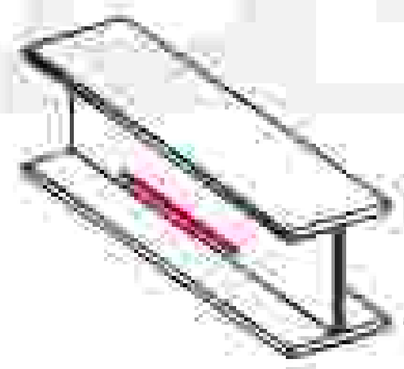
ZAHŘÍVÁNÍ PLOCHY (PÁSU)



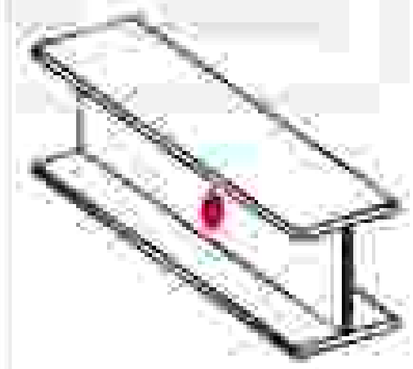
ZAHŘÍVÁNÍ HRANY



PODÉLNÉ ZAHŘÍVÁNÍ



BODOVÉ ZAHŘÍVÁNÍ



© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

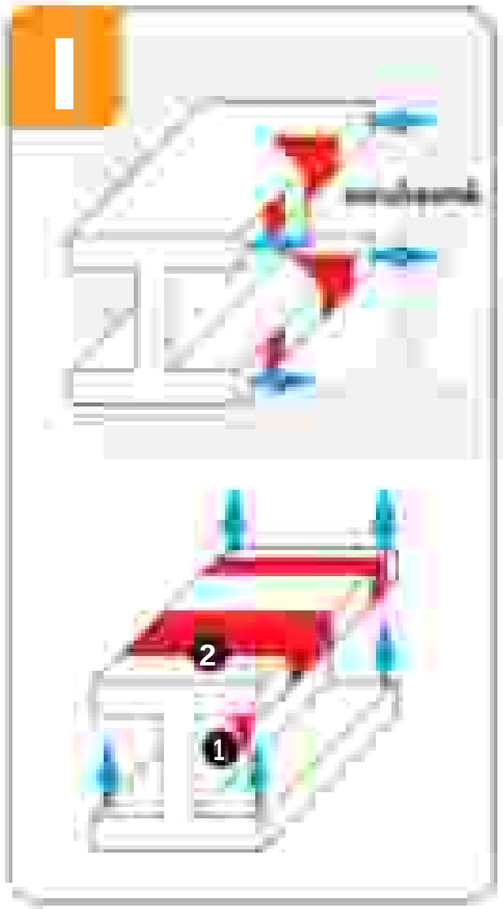
PŘÍKLADY ROVNÁNÍ RŮZNÝCH PROFILŮ

směr deformace po ochlazení

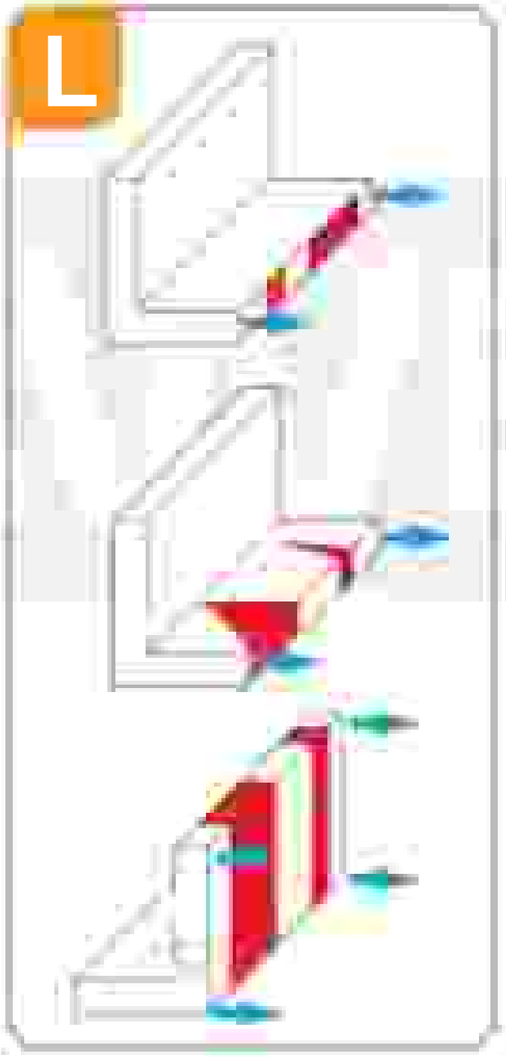
pořadí ohřevu

linie ohřevu

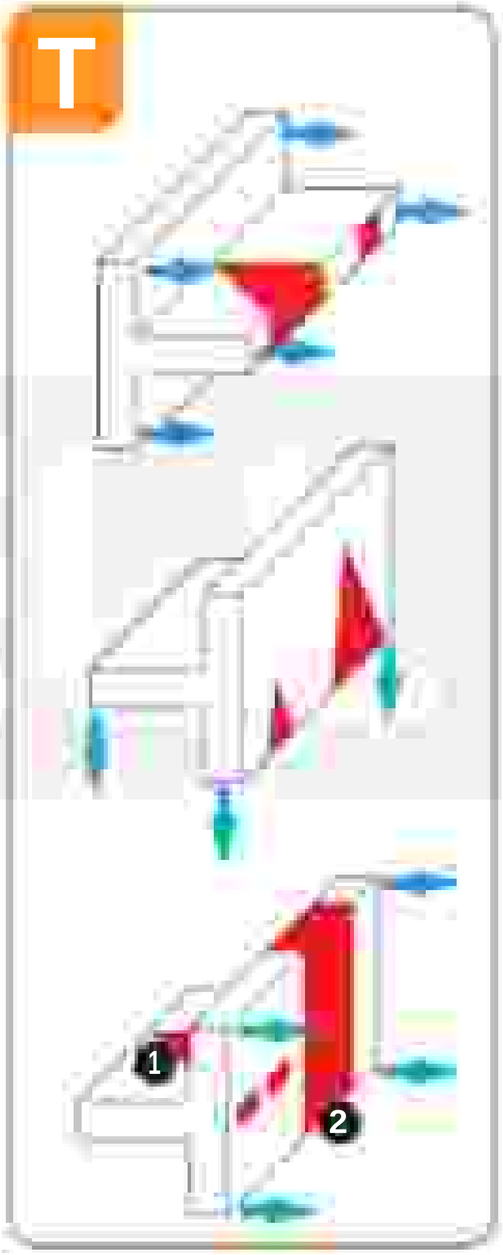
I



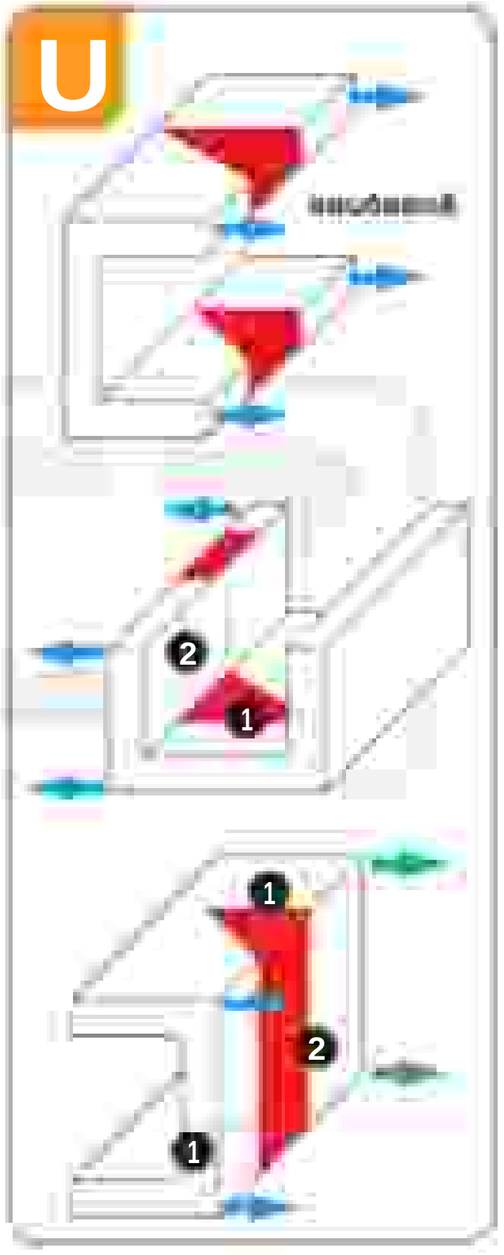
L



T

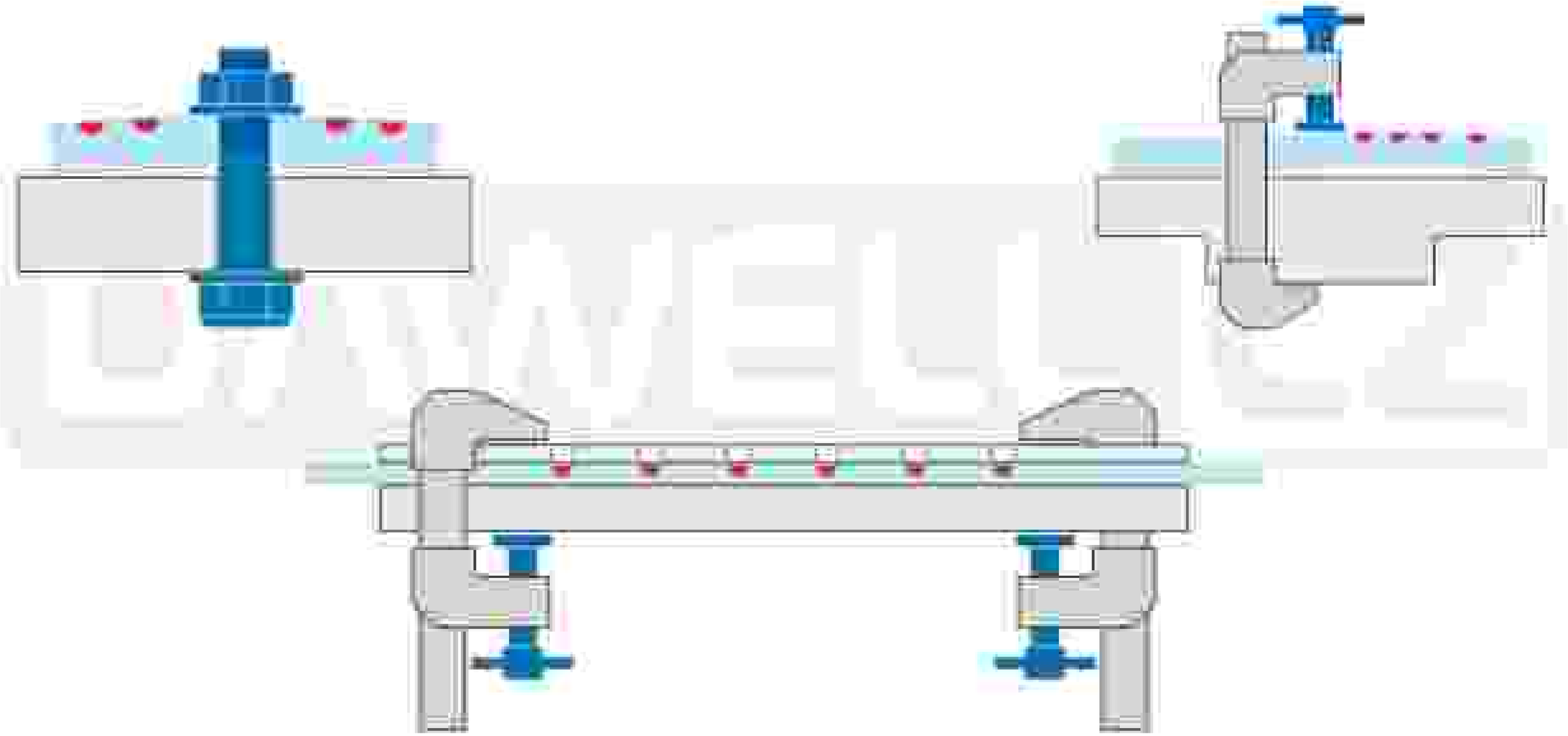


U



© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

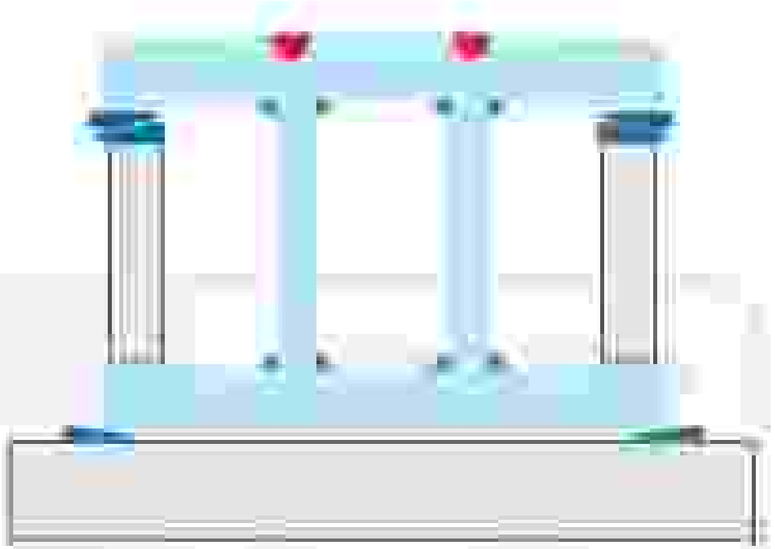
PŘÍPRAVKY PRO OMEZENÍ ROZTAŽNOSTI



© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

PŘÍPRAVKY PRO OMEZENÍ ROZTAŽNOSTI







© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

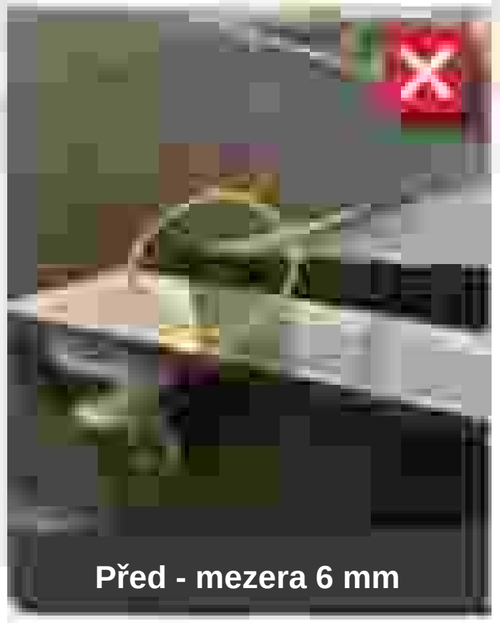
PŘÍKLADY APLIKACÍ













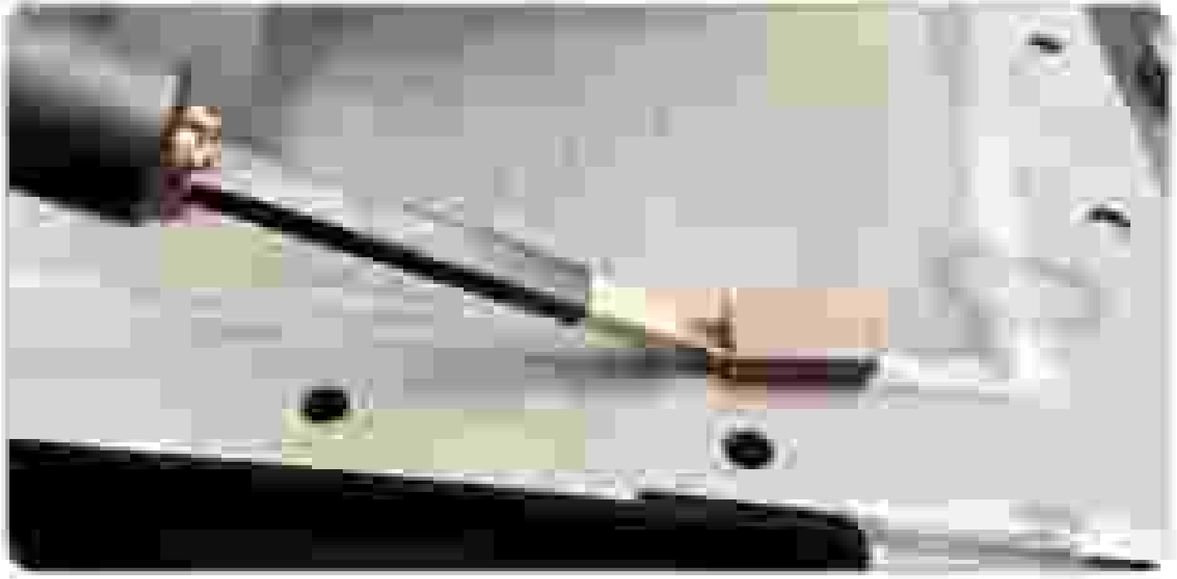
© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

PŘÍKLADY APLIKACÍ









© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

DOPORUČENÉ KROKY PŘI ROVNÁNÍ



Určete oblast pro zahřátí.



Zvolte vhodnou indukční cívku.



Zahřejte na teplotu tažnosti.



Dodržujte co nejvíce lokální ohřev.



Smršťování bude pokračovat dokud se nevyrovná teplota ohřívaného místa s okolním materiálem.



Zkontrolujte výsledek rovnání.

© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

NÁŠ ARZENÁL

DHI-121F



Optimální tloušťka materiálu:
do 25 mm
Maximální tloušťka materiálu:
do 40 mm
Ekvivalent výkonu svářečky:
300 A

[V]	[A]	[kW/kVA]	[mm]	[kg]
3×400	3×16	7/27	540×815×710	61

DHI-190F HD



Optimální tloušťka materiálu:
do 40 mm
Maximální tloušťka materiálu:
do 120 mm
Ekvivalent výkonu svářečky:
450 A

[V]	[A]	[kW/kVA]	[mm]	[kg]
3×400	3×32	19/33	540×840×960	96

DHC 6510R

Invertorový odporový ohřev



Řízené žíhání materiálů po svařování pro snížení napětí a obsahu vodíku (až 1050 °C) a předehřev před svařováním (až do 250 °C).

[V]	[A]	[kW]	[mm]	[kg]
3×400	25	10,8	170×370×405	17

© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

CÍVKY PRO ROVNÁNÍ







© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

Indukce DAWELL

jako efektivní náhrada autogenu.



Rychlý a lokální ohřev.

© DAWELL CZ s.r.o. Vyhrazujeme si právo na změny.

Nové normy a normy podliehajúce zmene týkajúce sa NDT, DT, zvárania, posudzovania zhody a tlakových zariadení vydané v období 10/2024 až 9/2025

p. Katarína Živnerová, PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s., Bratislava
Zdroj: Vestníky ÚNMS SR

STN EN ISO 25980 (05 0604)
Ochrana zdravia pri zváraní a príbuzných procesoch. Priehľadné zváracie závesy, pásy a clony na oblúkové zváracie procesy (ISO 25980:2023, opravená verzia 2023-08)
(EN ISO 25980:2023)
Vydanie: október 2024
Jej vydaním sa **ruší**
Ochrana zdravia pri zváraní a príbuzných procesoch. Priehľadné zváracie závesy, pásy a ochranné clony na oblúkové zváracie procesy (ISO 25980:2023, opravená verzia 2023-08)****)
(EN ISO 25980:2023) z februára 2024

STN EN ISO 5580 (35 6887)
Nedeštruktívne skúšanie. Priemyselné rádiografické negatoskopy. Minimálne požiadavky (ISO 5580:2023)
(EN ISO 5580:2023)
Vydanie: október 2024
Jej vydaním sa **ruší**
Nedeštruktívne skúšanie. Priemyselné rádiografické negatoskopy. Minimálne požiadavky (ISO 5580: 2023)****)
(EN ISO 5580:2023) z marca 2024

STN EN ISO 19675 (01 5020)
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Špecifikácia kalibračného bloku pri skúšaní technikou phased array (PAUT) (ISO 19675:2017)
(EN ISO 19675:2024)
Platí od 1. 10. 2024

STN EN ISO 18081 (01 5071)
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie akustickou emisiou (AT). Skúška tesnosti pomocou akustickej emisie (ISO 18081:2024)
(EN ISO 18081:2024)
Platí od 1. 10. 2024
Jej oznámením sa **ruší**
Nedeštruktívne skúšanie. Akustická emisia. Skúška tesnosti pomocou akustickej emisie (ISO 18081: 2016)****)
(EN ISO 18081:2016) z decembra 2016

STN EN 18007-1 (05 2840)
Elektromagnetické pulzné zváranie. Časť 1: Znalosti, terminológia a slovník v oblasti zvárania (EN 18007-1:2024)
Platí od 1. 10. 2024

STN EN 18007-2 (05 2840)
Elektromagnetické pulzné zváranie. Časť 2: Návrh zvarových spojov
(EN 18007-2:2024)
Platí od 1. 10. 2024

STN EN 18007-3 (05 2840)
Elektromagnetické pulzné zváranie. Časť 3: Kvalifikácia operátorov zvárania a zoraďovačov zvárania
(EN 18007-3:2024)
Platí od 1. 10. 2024

STN EN 18007-4 (05 2840)
Elektromagnetické pulzné zváranie. Časť 4: Stanovenie a schválenie postupov zvárania
(EN 18007-4:2024)
Platí od 1. 10. 2024

STN EN 18007-5 (05 2840)
Elektromagnetické pulzné zváranie. Časť 5: Kvalita a inšpekčné požiadavky
(EN 18007-5:2024)
Platí od 1. 10. 2024

STN EN 18276 (05 5505)
Zváracie materiály. Plnené elektródy na oblúkové zváranie vysokopevných ocelí v ochrannom plyne a bez ochranného plynu. Klasifikácia (ISO 18276:2024)
(EN ISO 1818276:2024)
Platí od 1. 10. 2024
Jej oznámením sa **ruší**
Zváracie materiály. Plnené elektródy na oblúkové zváranie vysokopevných ocelí v ochrannom plyne a bez ochranného plynu. Klasifikácia (ISO 18276:2017)****)
(EN ISO 18276:2017) z apríla 2018

STN EN ISO 13585 (05 5905)
Tvrdé spájkovanie. Skúška spájkovača (ISO 13585:2021)
(EN ISO 13585:2024)
Platí od 1. 10. 2024
Jej oznámením sa **ruší**
Tvrdé spájkovanie. Skúška spájkovača (ISO 13585:2012)****)
(EN ISO 13585:2012) z decembra 2012

STN EN 14717 (05 0050)
Zváranie a príbuzné procesy. Environmentálny kontrolný zoznam
(EN 14717:2024)
Platí od 1. 10. 2024
Jej oznámením sa **ruší**
Zváranie a príbuzné procesy. Environmentálny kontrolný zoznam (EN 14717:2005) z novembra 2005

STN 05 4640 (03 8132)
Zváranie. Bezpečnostná poistka pre acetylénové hadice 8/16
Z 8. 1. 1976
zrušená od 1. 11. 2024
Alternatívou je súbor STN EN ISO 5175

STN EN ISO 9227/A1
Korózne skúšky umelých atmosférach. Skúšky soľnou hmlou. Zmena A1: Poznámka pod čiarou k upozorneniu (ISO 9227/Amd 1:2024)
STN EN ISO 9227 z augusta 2023
(EN ISO 9227: 2022/A1:2024)
Vydanie: november 2024

STN EN ISO 13849-1 (83 3313)
Bezpečnosť strojov. Bezpečnostné časti riadiacich systémov. Časť 1: Všeobecné zásady navrhovania (ISO 13849-1:2023)
(EN ISO 13849-1:2023)
Vydanie: október 2024
STN EN ISO 13849-1 z mája 2016 sa môže súbežne s touto STN používať do 31. 5. 2026.
Jej vydaním sa **ruší**
Bezpečnosť strojov. Bezpečnostné časti riadiacich systémov. Časť 1: Všeobecné zásady navrhovania (ISO 13849-1:2023)****)
(EN ISO 13849-1:2023) z augusta 2023

STN EN ISO 17942 (05 2150)
Zváranie a príbuzné procesy. Zariadenia na plameňové zváranie. Bezpečnostné požiadavky pre zariadenia s otvoreným kyslíkovo-acetylénovým plameňom
(EN 17942: 2024)
Platí od 1. 12. 2024

STN EN ISO 17942 (05 2150)
Zváranie a príbuzné procesy. Zariadenia na plameňové zváranie. Bezpečnostné požiadavky pre zariadenia s otvoreným kyslíkovo-acetylénovým plameňom
(EN 17942: 2024)
Platí od 1. 12. 2024

STN EN ISO 544 (05 5001)
Zváracie materiály. Technické dodacie podmienky na prídavné materiály a tavivá. Druh výrobku, rozmery, tolerancie a označovanie (ISO 544: 2024)
(EN ISO 544: 2024)
Platí od 1. 12. 2024
Jej oznámením sa **ruší**
Zváracie materiály. Technické dodacie podmienky na prídavné materiály a tavivá. Druh výrobku, rozmery, tolerancie a označovanie (ISO 544: 2017)****)
(EN ISO 544: 2017) z júna 2018

STN EN ISO 14344 (05 5514)
Zváracie materiály. Obstarávanie prídavných materiálov a tavív (ISO 14344: 2024)
(EN ISO 14344: 2024)
Platí od 1. 12. 2024
Jej oznámením sa **ruší**
Zváranie a príbuzné procesy. Zváranie pod tavivom a v ochrannej atmosfére. Predpisy na obstarávanie zváracích materiálov (ISO 14344: 2010)****)
(EN ISO 14344: 2010) z augusta 2010

STN EN ISO 18563-2 (01 5016)
Nedeštruktívne skúšanie. Charakterizovanie a overovanie ultrazvukových systémov phased array. Časť 2: Sondy (ISO 18563-2: 2024)
(EN ISO 18563-2: 2024)
Platí od 1. 1. 2025
Jej oznámením sa **ruší**
Nedeštruktívne skúšanie. Charakterizovanie a overovanie ultrazvukových phased array systémov. Časť 2: Sondy (ISO 18563-2: 2017)****)
(EN ISO 18563-2: 2017) z februára 2018

STN EN ISO 16810 (01 5019)
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Všeobecné zásady (ISO 16810: 2024)
(EN ISO 16810: 2024)
Platí od 1. 1. 2025
Jej oznámením sa **ruší**
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Všeobecné zásady (ISO 16810: 2012**)**
(EN ISO 16810: 2014) zo septembra 2014

STN EN ISO 636 (05 5309)
Zváracie materiály. Tyčinky, drôty a zvarový kov na zváranie nelegovaných a jemnozrnných ocelí volfrámovou elektródou v inertnom plyne. Klasifikácia (ISO 636: 2024)
(EN ISO 636: 2024)
Platí od 1. 1. 2025
Jej oznámením sa **ruší**
Zváracie materiály. Tyčinky, drôty a zvarový kov na zváranie nelegovaných a jemnozrnných ocelí volfrámovou elektródou v inertnom plyne. Klasifikácia (ISO 636: 2017)****)
(EN ISO 636: 2017) z januára 2018

STN EN 12814-8 (64 0367)
Skúšanie zváraných spojov polotovarov z termoplastov. Časť 8: Požiadavky
(EN 12814-8: 2024)
Platí od 1. 3. 2025
Jej oznámením sa **ruší**
Skúšanie zváraných spojov polotovarov z termoplastov. Časť 8: Požiadavky****)
(EN 12814-8: 2021) z júla 2021

STN EN ISO 16823 (01 5019)
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Prechodová technika (ISO 16823: 2025)
(EN ISO 16823: 2025)
Platí od 1. 4. 2025
Jej oznámením sa **ruší**
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Prechodová technika (ISO 16823: 2012) ****)
(EN ISO 16823: 2014) zo septembra 2014

STN EN ISO 21952 (05 5313)
Zváracie materiály. Drôtové elektródy, drôty, tyčinky a zvárací materiál na oblúkové zváranie žiarupevných ocelí v ochrannom plyne. Klasifikácia (ISO 21952: 2025)
(EN ISO 21952: 2025)
Platí od 1. 5. 2025
Jej oznámením sa **ruší**
Zváracie materiály. Drôtové elektródy, drôty, tyčinky a zvárací materiál na oblúkové zváranie žiarupevných ocelí v ochrannom plyne. Klasifikácia (ISO 21952: 2012)****)
(EN ISO 21952: 2012) z novembra 2012

STN EN ISO 14343 (05 5314)
Zváracie materiály. Drôtové elektródy, pásové elektródy, drôty a tyčinky na tavné zváranie nehrdzavejúcich a žiaruvzdorných ocelí. Klasifikácia (ISO 14343: 2025)
(EN ISO 14343: 2025)
Platí od 1. 5. 2025
Jej oznámením sa **ruší**
Zváracie materiály. Drôtové elektródy, pásové elektródy, drôty a tyčinky na tavné zváranie nehrdzavejúcich a žiaruvzdorných ocelí. Klasifikácia (ISO 14343: 2017)****)
(EN ISO 14343: 2017) z novembra 2017

STN EN ISO 16834 (05 5315)
Zváracie materiály. Drôtové elektródy, drôty a tyčinky na oblúkové zváranie vysokopevných ocelí v ochrannom plyne. Klasifikácia (ISO 16834: 2025)
(EN ISO 16834: 2025)
Platí od 1. 5. 2025
Jej oznámením sa **ruší**
Zváracie materiály. Drôtové elektródy, drôty a tyčinky na oblúkové zváranie vysokopevných ocelí v ochrannom plyne. Klasifikácia (ISO 16834: 2012)****)
(EN ISO 16834: 2012) z novembra 2012

STN EN ISO 18279 (05 0049)
Tvrdé spájkovanie. Chyby v spojoch zhotovených tvrdým spájkovaním (ISO 18279:2023)
(EN ISO 18279: 2023)
Vydanie jún 2025
Jej oznámením sa **ruší**
Tvrdé spájkovanie. Chyby v spojoch zhotovených tvrdým spájkovaním (ISO 18279:2023)****)
(EN ISO 18279:2023) z marca 2024

STN EN ISO 5173 (05 1124)
Deštruktívne skúšky zvarov kovových materiálov. Skúšky ohybom (ISO 5173:2023)
(EN ISO 5173: 2023)
Vydanie jún 2025
Jej oznámením sa **ruší**
Deštruktívne skúšky zvarov kovových materiálov. Skúšky ohybom (ISO 5173:2023)****)
(EN ISO 5173:2023) z apríla 2023

STN EN ISO 16811 (01 5019)
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Nastavenie citlivosti a časovej základne (ISO 16811:2025)
(EN ISO 16811: 2025)
Platí od 1.6.2025
Jej oznámením sa **ruší**
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Nastavenie citlivosti a časovej základne (ISO 16811:2012)****)
(EN ISO 16811:2014) zo septembra 2014

STN EN ISO 16826 (01 5019)
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Zisťovanie necelistvostí kolmých na povrch. (ISO 16826:2025)
(EN ISO 16826: 2025)
Platí od 1.6.2025
Jej oznámením sa **ruší**
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Nastavenie citlivosti a časovej základne (ISO 16826:2012)****)
(EN ISO 16826:2014) zo septembra 2014

STN EN ISO 17633 (05 5503)
Zváracie materiály. Plnené drôtové elektródy a tyčinky na oblúkové zváranie nehrdzavejúcich a žiaruvzdorných ocelí v ochrannom plyne alebo bez ochranného plynu. Klasifikácia (ISO 17633:2025)
(EN ISO 17633: 2025)
Platí od 1.6.2025
Jej oznámením sa **ruší**
Zváracie materiály. Plnené drôtové elektródy a tyčinky na oblúkové zváranie nehrdzavejúcich a žiaruvzdorných ocelí v ochrannom plyne alebo bez ochranného plynu. Klasifikácia (ISO 17633:2025)
(EN ISO 17633:2018) z júla 2018

STN EN ISO 2400 (01 5032)
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Špecifikácia pre kalibračný blok č. 1 (ISO 2400:2025)
(EN ISO 2400: 2025)
Platí od 1.7.2025
Jej oznámením sa **ruší**
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Špecifikácia pre kalibračný blok č. 1 (ISO 2400:2012)****)
(EN ISO 2400:2012) z marca 2013

STN EN ISO 17635 (05 1170)
Nedeštruktívne skúšanie zvarov. Všeobecné pravidlá pre kovové materiály (ISO 217635:2025)
(EN ISO 17635: 2025)
Platí od 1.7.2025
Jej oznámením sa **ruší**
Nedeštruktívne skúšanie zvarov. Všeobecné pravidlá pre kovové materiály (ISO 17635:2016)****)
(EN ISO 17635:2016) z júna 2017

STN EN ISO 15611 (05 0310)
Stanovenie a schválenie postupov zvárania kovových materiálov. Schválenie na základe predchádzajúcej skúsenosti zo zvárania (ISO 15611:2024)
(EN ISO 15611: 2024)
Vydanie: august 2025
Jej vydaním sa **ruší**
Stanovenie a schválenie postupov zvárania kovových materiálov. Schválenie na základe predchádzajúcej skúsenosti zo zvárania (ISO 15611:2024)****)
(EN ISO 15611:2024) z júla 2024

STN EN ISO IEC 60974-1/A13 (05 2205)
Zariadenia na oblúkové zváranie. Časť 1: Zdroje zváracieho prúdu. Zmena A13
STN EN IEC 60974-1 z februára 2023
(EN IEC 60974-1:2022/A13:2025)
Platí od 1.8.2025
STN EN IEC 60974-1 z februára 2023 sa bez tejto zmeny A13 môže používať do 30.4.2028

STN EN ISO 16827 (01 5019)
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Charakteristika necelistvostí a určenie ich veľkosti (ISO 16827:2025)
(EN ISO 16827: 2025)
Platí od 1.9.2025
Jej oznámením sa **ruší**
Nedeštruktívne skúšanie. Skúšanie ultrazvukom. Charakteristika a stanovenie veľkosti chýb (ISO 16827:2012)****)
(EN ISO 16827:2014) zo septembra 2024

STN EN ISO 16827 (01 5019)
Nedeštruktívne skúšanie. Meranie hrúbky ultrazvukom (ISO 16809:2025)
(EN ISO 16809: 2025)
Platí od 1.9.2025
Jej oznámením sa **ruší**
Nedeštruktívne skúšanie. Meranie hrúbky ultrazvukom (ISO 16809:2017)****)
(EN ISO 16809:2019) z decembra 2019

Normy označené**** preberajú medzinárodné normy alebo európske normy bez prekladu do štátneho jazyka

AKREDITOVANÉ A AUTORIZOVANÉ SUBJEKTY PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s.

Ing. Eva Gubóová

PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s., Bratislava

AKTUÁLNE OD POSLEDNEJ KONFERENCIE ...

CERTIFIKAČNÝ ORGÁN PRE CERTIFIKÁCIU OSÔB VO ZVÁRANÍ A NDT

28.-29.10.2024 .... dohľadový audit SNAS, výsledkom ktorého je:

- úprava rozsahu akreditácie certifikačného orgánu
- potvrdenie, že certifikačný orgán osôb i naďalej plní akreditačné požiadavky normy ISO/IEC 17024: 2012.

ZMENY V ROZSAHU AKREDITÁCIE, PLATNÉ OD 01.07.2025:

- korekcia datovania rokov noriem (pridanie medzery za dvojbodkou),
- zmena CS-09-ZV na verziu 3,
- zmena roku normy: STN EN ISO 13585: 2024,
- pol. 11-19, 21, 22 - doplnený: Kódex UIC 960 (SK verzia), Code UIC 960 (EN verzia),
- priemyselné sektory pre NDT, sektor "s": posun "wp" na druhý riadok,
- doplnený text špecifikácie priemyselných sektorov pod tabuľkou; uvedené s hviezdičkou.









ZMENY:

- Od 07/2025 vydávame certifikáty pre spájkovačov podľa revidovanej normy
- *Všetky zváračské školy, ktoré vykonávajú školenia podľa STN EN ISO 13585, obdržali v 07/2025 dodatok k zmluve*
- Nové vydanie CS-09-ZV_v3
- Úprava CS-07-ZV_v2

Poznámka:
Certifikačné schémy sú dostupne v elektronickom konte Vašej zváračskej školy !

CERTIFIKAČNÝ ORGÁN SYSTÉMOV KVALITY

14.-15.4.2025 sme absolvovali dohľadový audit SNAS

Bolo konštatované, že certifikačný orgán i naďalej plní akreditačné požiadavky ISO/IEC 17021-1: 2015 a ISO/IEC 17021-3: 2017.

Zmeny rozsahu akreditácie nenastali.

CERTIFIKAČNÝ ORGÁN PRE VÝROBKY

10.-11.2.2025 sme absolvovali dohľadový audit SNAS

Bolo konštatované, že certifikačný orgán i naďalej plní akreditačné požiadavky ISO/IEC 17065: 2012.

Nedošlo k úprave rozsahu akreditácie.

INŠPEKČNÝ ORGÁN

7.-8.7.2025 sme absolvovali dohľadový audit SNAS

Audit ešte nie je ukončený, nakoľko iba teraz 29.9.2025 kolegovia absolvovali svedecké posúdenie SNAS pri výkone inšpekcie.

Upravený rozsah akreditácie po predchádzajúcom dohľade; od 4.6.2025.







SKÚŠOBNÉ LABORATÓRIUM

Upravený rozsah akreditácie; od 1.6.2025.

SNAS



AAS – AKREDITOVANÉ A AUTORIZOVANÉ SUBJEKTY

Zahraničná spolupráca:

- schválené školiace strediská NDT,
- schválení skúšajúci pre skúšky zváračov, operátorov zvárania a spájkovačov,
- certifikácia podľa EN ISO 3834, EN 1090 a EN 15085,
- certifikácia EN ISO 9001.

- Spolupráca s ECWRV – oprávnenie platné do 30.6.2027

ZMENY PO PZVAR MEETING 2024:

Od 1. 10. 2024 je vedúcim Certifikačného orgánu pre výrobky:

Ing. Štefan Furik

02 / 68 262 202

furik.stefan@pzvar.sk

- zastupuje Ing. Branislav Šimovič

ZMENY PO PZVAR MEETING 2024:

Od 1. 10. 2024 je vedúcim Inšpekčného orgánu:

Ing. Branislav Šimovič

02 / 68 262 204

simovic.branislav@pzvar.sk

- zastupuje Ing. Štefan Furik

ZMENY PO PZVAR MEETING 2024:

Od 1. 11. 2024 na COPZ je vedúcim skúšania osôb v NDT

Ing. Štefan Furik

02 / 68 262 220

furik.stefan@pzvar.sk

ZMENY PO PZVAR MEETING 2024:

Od 1. 12. 2024 nám v tíme pribudli dvaja noví kolegovia, a to:

Ing. Martin Desát – odborný pracovník/audítor

Ing. Tatiana Mjartanová – manažérka kvality

Obaja sú v tíme Ing. Štefana Furika

DÁVAME

DO POZORNOSTI ...

KVALIFIKÁCIE VO ZVÁRANÍ – PREDĹŽENIE PLATNOSTI:

- Sledujte si platnosť Vášho certifikátu a požiadajte o jeho predĺženie v dostatočnom predstihu
- Ak máte nahlásenú správnu emailovú adresu, potom Vás systém navyše automaticky upozorní na „končiacu kvalifikáciu“
- K predĺženiu platnosti certifikátu je potrebné doložiť žiadosť spolu s prílohami
- Požadujeme dokladovanie minimálne 2 potvrdení o účasti na vzdelávacej aktivite (konferencie, semináre) z oblasti zvárania alebo NDT v období platnosti končiaceho certifikátu
- Ak žiadateľ nevie zdokladovať vzdelávacie aktivity – potom musí absolvovať skúšku – pasívny test

ĎAKUJEM ZA POZORNOSŤ

RUČNÉ ZVÁRANIE LASEROM

Ing. Attila TARCSI, IWE

Prvá zváračská, a. s., Bratislava

OBSAH

Úvod
Smernica č. SPZ-SO-3/2021
Osnova ZP52
Legislatíva ručných laserov
Potencionálne nebezpečenstvá
Bezpečnostné požiadavky
Bezpečnosť ručných laserových zariadení

ÚVOD

Ručné zváranie laserom vzniklo z robotického laserového zvárania a existujúce staré normy nevyhovujú bezpečnostným štandardom.

Ručné zváranie laserom patrí do laserového systému triedy 4 s najväčšou výkonnosťou pre ručné laserové stroje, kde nároky na bezpečnosť sú najrozsiahlejšie.

Vzhľadom na to, že v rámci legislatívy sa už nejedná o robotické zváranie laserom je potrebné, aby zvárač disponoval príslušnou kvalifikáciou podobne ako u klasických spôsobov zvárania.

ÚVOD

Laserové zváranie spája presnosť vyspelej technológie s významnými bezpečnostnými rizikami. Implementáciou komplexných bezpečnostných protokolov, ktoré sa zaoberajú osobnou ochranou, technickými kontrolami, administratívnymi opatreniami, pripravenosťou na núdzové situácie a údržbou zariadení, možno efektívne riadiť riziká spojené s laserovým zváraním.

ÚVOD

Bezpečnosť na pracovisku je dynamická a vyžaduje si neustálu pozornosť a prispôsobenie. Pravidelne kontrolujte a aktualizujte bezpečnostné protokoly s cieľom začleniť nové technológie a reagovať na akékoľvek zmeny v predpisoch alebo prevádzkových prostrediach.

Záväzok k bezpečnosti je kolektívnou zodpovednosťou ovplyvňujúcou každého jednotlivca zapojeného do operácií laserového zvárania, od manažérov, zváračov a operátorov až po pomocný personál.

Ručné zváranie laserom

ZVÁRANIE PRÍRUBY LASEROM



CENTRUM VÝSKUMU HIGH-TECH TECHNOLÓGIÍ VO ZVÁRANÍ

SMERNICA Č. SPZ-SO-3/2021

Smernica č. SPZ-SO-3/2021 k 01.09.2025 bola doplnená zmenami pre ručné zváranie laserom (ZP 52):

- **ZP 52 môže vykonať len zváračská škola na základe prílohy č.8 tejto smernice**
- **Pracovisko ZŠ musí byť schválené SO na základe vykonaného auditu**

SMERNICA Č. SPZ-SO-3/2021

- ZŠ musí mať zváračského inštruktora (ZI) na ručné zváranie laserom (ID karta alebo relevantné osvedčenie)
- Zaškolenie je možné vykonať aj vo výrobných priestoroch zákazníka
- Praktický výcvik musí byť vedený pod odborným dozorom ZI
- Skúšky musí vykonať skúšobný orgán poverený SO č.10

Ručné zváranie laserom

ZVÁRANIE PLECHOV LASEROM



OSNOVA ZP52

Osnova na zaškolenie pre ručné zváranie laserom ZP 52 bola pripravená v súlade požiadavkami na bezpečný praktický výcvik zvárača

- doporučené predmety teoretickej prípravy sú v rozsahu min. 8 hodín
- doporučené činnosti praktického výcviku sú v rozsahu min. 40 hodín

OSNOVA ZP52

- počet hodín nácviku techniky použitej technológie (t.j. ručného zvárania laserom) je prispôsobený náročnosti spôsobu zvárania
- zváračská škola môže navýšiť podľa potreby minimálne rozsahy teoretickej prípravy a praktického výcviku

LEGISLATÍVA RUČNÝCH LASEROV

- **STN EN ISO 11553-2**

Bezpečnosť strojov. Laserové obrábacie stroje. Časť 2: Bezpečnostné požiadavky na ručne držané laserové obrábacie zariadenia (ISO 11553-2: 2007)

Táto norma vo veľkej miere platí aj pre ručné zváranie laserom, ale vzhľadom na súčasný rozvoj mobilných ručných laserových zváracích zdrojov je nedostatočná.

LEGISLATÍVA RUČNÝCH LASEROV

- **STN EN ISO 60825-1/A11**

Bezpečnosť laserových zariadení. Časť 1: Klasifikácia zariadení a požiadavky. Zmena A11 (01.06.2022)

Pre bezpečnú prevádzku treba dodržať aj bezpečnostné ustanovenia vydané touto normou.

POTENCIONÁLNE NEBEZPEČENSTVÁ

Každý spôsob ručného zvárania obsahuje určité potencionálne nebezpečenstvo a ručné zváranie laserom nie je výnimkou. Nároky na bezpečnosť oproti ostatným spôsobom zvárania sú podstatne náročnejšie.

V nasledujúcich bodoch sú uvedené hlavné nebezpečenstvá a riziká, ktoré môžu vzniknúť pri ručnom zváraní laserom, ktoré sú podrobnejšie popísané v Prílohe č. 9 k SPZ-SO-3.

POTENCIONÁLNE NEBEZPEČENSTVÁ

- Nebezpečenstvo žiarenia
- Vznik požiaru.
- Splodiny a výpary
- Úrazy elektrickým prúdom
- Zdravotné následky
- Popáleniny
- Poškodenie dýchacích ciest

BEZPEČNOSTNÉ POŽIADAVKY

- **Ochrana očí**

Pri zváraní ručným laserovým zdrojom je potrebné dbať na kvalitnú ochranu očí, tu už nestačia obyčajné zváracie kukly používané pre klasické zváranie. Každý typ laserového zdroja má inú vlnovú dĺžku svojho emitovaného žiarenia, preto je potrebné presne poznať emitovanú vlnovú dĺžku lasera a k tomu prispôsobiť ochranné okuliare alebo ochrannú kuklu. Pomôcky na ochranu očí musia byť certifikované.

BEZPEČNOSTNÉ POŽIADAVKY

- **Ochrana pokožky**

Pokožka musí byť zakrytá ochrannými pomôckami. V prvom rade sa jedná o ohňovzdorné rukavice. Najlepšie je používať dlhé zapnuté rukávy, ochranné obleky, kožené zástery, prípadne čapicu na ochranu odkrytej časti hlavy. Okrem používania ochranných okuliarov sa navyše stále musí použiť klasická ochranná kukla pre bezpečnosť proti emitovaným lúčom, roztreku alebo iskrám.

BEZPEČNOSTNÉ POŽIADAVKY

- Ochrana dýchacích ciest

Zváranie musí prebiehať v dobre vetranej miestnosti. Na odvetranie treba používať vhodné odsávacie systémy výparov, ktoré je vhodné umiestniť pri zváraných dielcov. Pre lepšiu ochranu zvárača je možné použiť filtračno-ventilačnú jednotku, pod ktorou stále musia byť ochranné okuliare pre správnu vlnovú dĺžku. Ako doplnok možno využiť ventilačnú jednotku miestnosti (zvarovne), ktorá čistí nasávaný vzduch.

BEZPEČNOSŤ RUČNÝCH LASEROVÝCH ZARIADENÍ

- Každé ručné laserové zariadenie musí byť vybavené indikátorom pripravenosti laserového zdroja. Samotný indikátor musí byť umiestnený v zornom poli zvárača. Ďalej každé ručné laserové zariadenie musí mať optické alebo akustické indikačné zariadenie, ktoré detekuje (odhaľuje) spustené laserové zariadenie. Obidve výstražné zariadenia musia byť jasne viditeľné aj pri požití ochrany očí

BEZPEČNOSŤ RUČNÝCH LASEROVÝCH ZARIADENÍ

- Dôležitou súčasťou ručného laserového zváracieho zariadenia je núdzové tlačidlo zastavenia. Tlačidlo musí byť v tvare červeného tlačidla, musí byť ľahko a rýchlo dostupné v bezprostrednej blízkosti zvárača.

- Takéto núdzové tlačidlo musí zaistiť deaktiváciu generovania laseru a automaticky zabrániť vyžarovaniu lasera.

BEZPEČNOSŤ RUČNÝCH LASEROVÝCH ZARIADENÍ

- V prípade, že zváracia hlava je umiestnená viac ako 2 m od laserového zariadenia, je potrebné, aby tieto bezpečnostné prvky boli umiestnené na telese zváracej hlavy.

BEZPEČNOSŤ RUČNÝCH LASEROVÝCH ZARIADENÍ

- Bezpečné prostredie
- Jedná sa o uzavretú miestnosť prevažne nazývanú ako laserom riadená oblasť, ktorá chráni ostatní personál pred nepriamym a priamym žiarením.
- Vstup do miestnosti musí byť kontrolovaný dvernými zámkami pripojenými k ovládacím prvkom ručného laserového zariadenia, aby v prípade otvorenia dverí došlo k okamžitému zastaveniu zariadenia a vyžarovaného laserového žiarenia

BEZPEČNOSŤ RUČNÝCH LASEROVÝCH ZARIADENÍ

- Je potrebné zaistiť vhodné zábrany proti šíreniu laserového lúča z miestnosti. To znamená, že na okná treba použiť bezpečnostný materiál, ktorý odolá priamym a nepriamym lúčom.
- V okolí tejto miestnosti by mali byť umiestnené výstražné značky, hlavne pri vstupe a pri východe.

BEZPEČNOSŤ RUČNÝCH LASEROVÝCH ZARIADENÍ

- Ďalej je nutné upozorniť obsluhu, že pri vstupe do kontrolovanej oblasti existuje významné nebezpečie poškodenia zraku.

- Mal by byť menovaný pracovník pre bezpečnosť laserového pracoviska, ktorý sa bude starať o bezpečnosť a jej dodržanie.

Ručné zváranie laserom

KABÍNKA PRE ZVÁRANIE LASEROM



BEZPEČNOSŤ RUČNÝCH LASEROVÝCH ZARIADENÍ

- Triedy bezpečnosti laserov
- Laserové systémy triedy 1
- Laserové systémy triedy 2
- Laserové systémy triedy 3
- Laserové systémy triedy 4

BEZPEČNOSŤ RUČNÝCH LASEROVÝCH ZARIADENÍ

- Označovanie laserových zariadení
- Každé laserové zariadenie musí byť označené, do ktorej triedy je zaradené v súlade požiadavkami normy STN EN 60825-1.
- Štítky s označením musia byť odolné, trvale upevnené, čitateľné a zreteľne viditeľné počas prevádzky, údržby alebo servisu, v súlade so svojím účelom.

BEZPEČNOSŤ RUČNÝCH LASEROVÝCH ZARIADENÍ

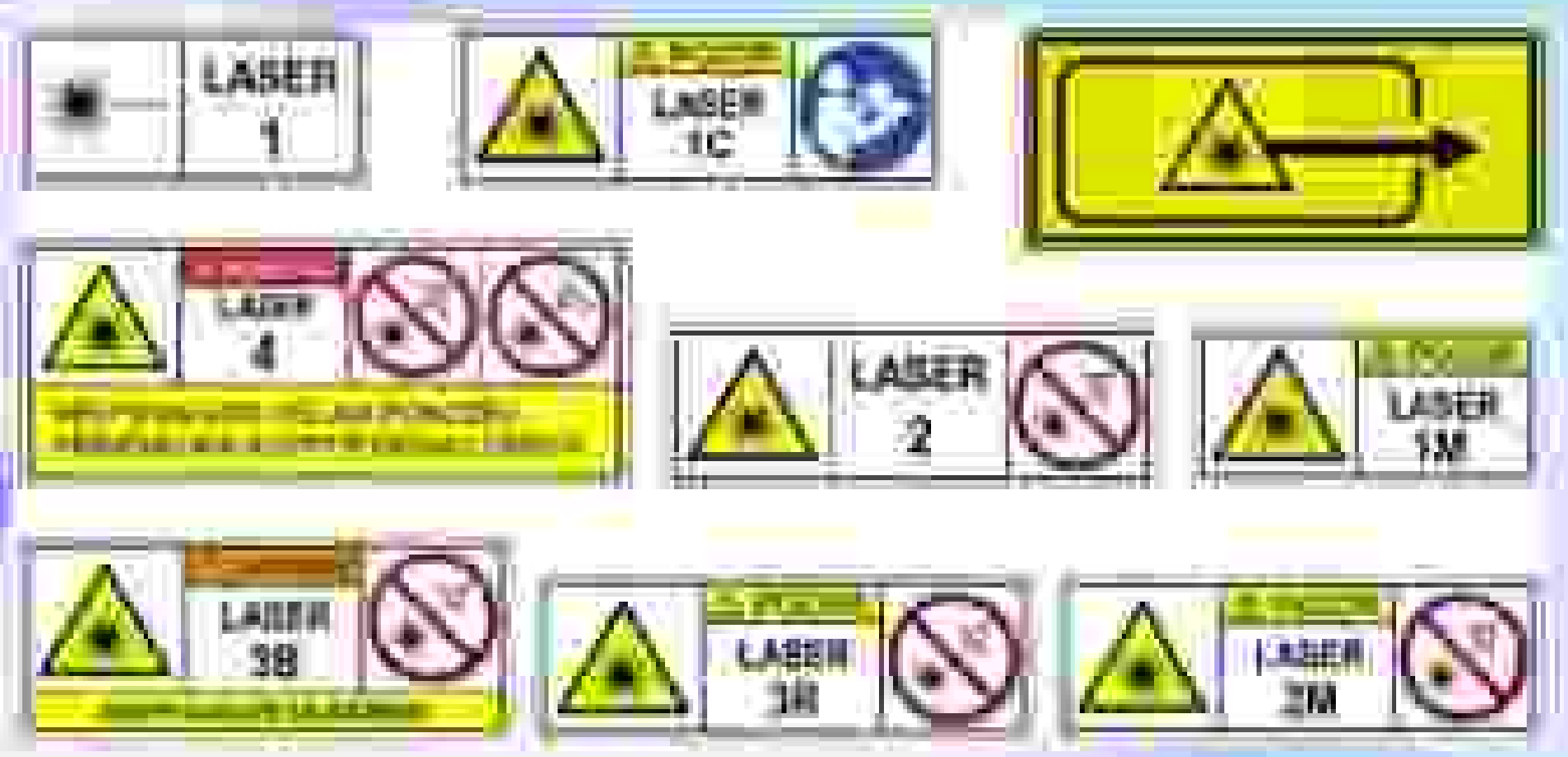
- Text a symboly musia byť čierne na žltom pozadí okrem laserov triedy 1, kde táto kombinácia farieb nemusí byť použitá.
- Pokiaľ veľkosť alebo prevedenie zariadenia neumožňuje pripevnenie štítku na zariadenie, musí byť štítok vložený do návodu na obsluhu, natlačený alebo vyrytý na laserovom zariadení alebo na jeho paneli..

BEZPEČNOSŤ RUČNÝCH LASEROVÝCH ZARIADENÍ

- Označené nemusia byť iba tie laserové zariadenia, ktoré v žiadnom prípade nepresiahnu limit prípustnej emisie pre triedu 1.

Ručné zváranie laserom

ŠTÍTKY NALASEROVÉ ZARIADENIA



DODRŽAŤ BEZPREČNOSTNÉ POŽIADAVKY

ĎAKUJEM ZA POZORNOSŤ

Ing. Attila TARCSI, IWE

tarcsi.attila@pzvar.sk



PZVAR MEETING 2025

Peter Interholz

Revízia normy STN EN ISO 13585: 2024



Tvrdé spájkovanie
Skúška spájkovača
(ISO 13585 : 2021)



Táto norma bola oznámená vo vestníku ÚNMS SR č. 09/24



Tento dokument bol pripravený technickou komisiou ISO/TC 44 v spolupráci s CEN/TC 121



Cieľom prezentácie nie je citovať normu, ale upozorniť na niektoré zmeny



911 - Infračervené tvrdé spájkovanie

912 - Plameňové tvrdé spájkovanie

913 - Laserové tvrdé spájkovanie

914 - Elektrónové tvrdé spájkovanie

916 - Indukčné tvrdé spájkovanie

918 - Odporové tvrdé spájkovanie

919 - Difúzne tvrdé spájkovanie

921 - Tvrdé spájkovanie v peci

922 - Tvrdé spájkovanie vo vákuu

923 - Tvrdé spájkovanie v spájkovacom kúpeli

924 - Tvrdé spájkovanie v soľnom kúpeli

925 - Tvrdé spájkovanie v tavivovom kúpeli

926 - Tvrdé spájkovanie ponorením

972 – Oblúkové tvrdé spájkovanie



Druh výrobku



Označovanie polotovarov sa nezmenilo

T - rúry
P - plechy

Zmenil sa ale rozsah kvalifikácie

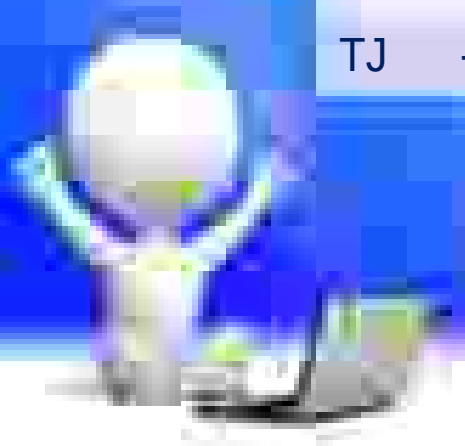
Skúšobná vzorka	Rozsah kvalifikácie
Plech	Plechy a rúry
Rúra D ≤ 100	Rúry
Rúra D > 100	Rúry a plechy



Typ spoja

Ďalšia zmena sa týka označovania typu spoja

Skúšobná vzorka	Rozsah kvalifikácie
BJ - Tupý spoj (butt joint)	Tupý spoj
LJ - Preplátovaný spoj (lap joint)	Preplátovaný spoj
TJ - T – spoj (T – joint)	T - spoj



Základný materiál

Skúšobná vzorka	Rozsah kvalifikácie
100,110,120,170,	100,110,120,170,
130,140,150,160,180,	130,140,150,160,180,
200,210,220,	200,210,220,
300,310,320,330,340,350,360,	300,310,320,330,340,350,360,
400,410,420,430,	400,410,420,430,
500	500
600	600
700	700
800	800

V prípade materiálu skúšobného kusu použitého na kvalifikáciu spájkovača je spájkovač kvalifikovaný na spájkovanie všetkých materiálov a všetkých kombinácií materiálov uvedených v tom istom riadku.

Ak sa na kvalifikáciu spájkovača použije materiál skúšobných kusov z dvoch riadkov, spájkovač je kvalifikovaný na spájkovanie všetkého materiálu v každom riadku a kombinácií medzi týmito riadkami.

1XX – ocele

2XX – hliník a jeho zliatiny

3XX – meď a jej zliatiny

4XX – nikel a jeho zliatiny

5XX – titán a jeho zliatiny

6XX – zirkón a jeho zliatiny

7XX – horčík a jeho zliatiny

8XX – kobalt a jeho zliatiny



- 100 ocele obsahujúce ≤ 1 % chrómu
- 110 ocele obsahujúce > 1 % chrómu Poznámka: ocele obsahujúce ≥ 12 % chrómu patria medzi nehrdzavejúce ocele
- 120 ocele obsahujúce hliník alebo titán
- 130 nehrdzavejúce ocele, austenitické
- 140 nehrdzavejúce ocele, obsahujúce < 0,3 % titánu
- 150 nehrdzavejúce ocele, martenzitické a feritické
- 160 nehrdzavejúce ocele, martenzitické a feritické obsahujúce < 0,3 % kombináciu hliníka a titánu
- 170 liatina
- 180 liatina austenická
- 200 hliník a zliatiny hliníka bez horčíka
- 210 zliatiny hliníka obsahujúce < 1 % horčíka
- 220 zliatiny hliníka obsahujúce ≥ 1 % horčíka
- 300 meď a zliatiny medi
- 310 zliatiny medi obsahujúce 0,5 % až 1 % olova

- 320 zliatiny medi obsahujúce > 1 % a ≤ 7 % olova
- 330 zliatiny medi obsahujúce > 1 % kremíka
- 340 zliatiny medi obsahujúce 0,5 % až 1 % hliníka alebo berýlia
- 350 zliatiny medi obsahujúce > 1 % a ≤ 5 % hliníka alebo berýlia
- 360 zliatiny medi obsahujúce ≤ 5 % hliníka alebo berýlia
- 400 nikel a zliatiny niklu
- 410 zliatiny nikel-molybdén
- 420 zliatiny nikel-chróm-liatina a nikel-chróm-molybdén
- 430 zliatiny nikel-chróm-liatina a nikel-chróm-molybdén obsahujúce ≤ 1,5 % kombináciu hliníka a titánu
- 500 titán a zliatiny titánu
- 600 zirkónium a zliatiny zirkónia
- 700 horčík a zliatiny horčíka
- 800 kobalt a zliatiny kobaltu

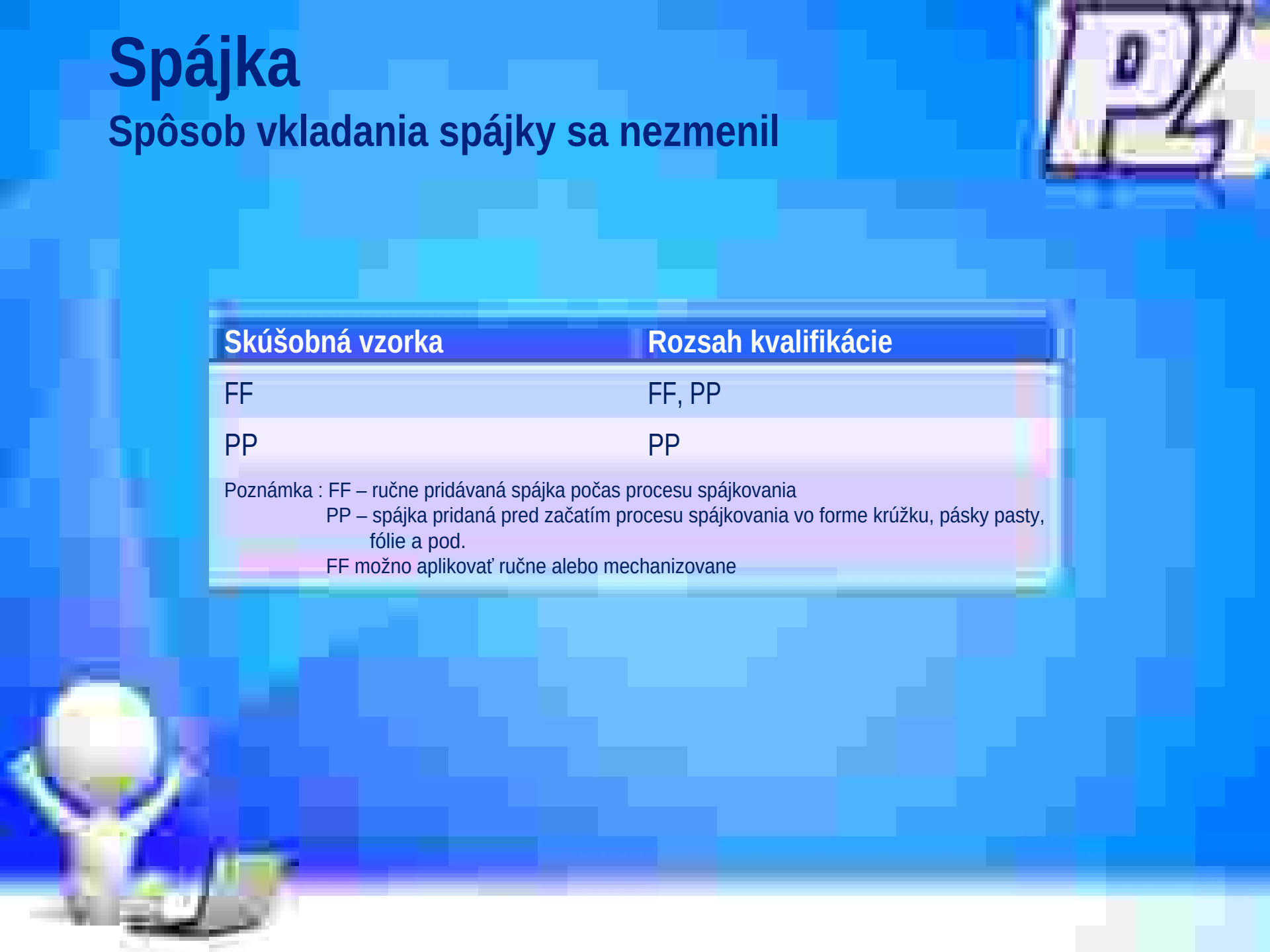


Podrobnejší rozpis s obsahom jednotlivých prvkov je uvedený v prílohe E normy STN EN ISO 13585: 2021



Spájka

Spôsob vkladania spájky sa nezmenil



Skúšobná vzorka	Rozsah kvalifikácie
FF	FF, PP
PP	PP

Poznámka : FF – ručne pridávaná spájka počas procesu spájkovania
PP – spájka pridaná pred začatím procesu spájkovania vo forme krúžku, pásky pasty, fólie a pod.
FF možno aplikovať ručne alebo mechanizovane

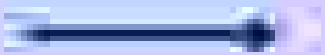
Rozmery skúšobnej vzorky

Rozmery	Skúšobná vzorka	Rozsah oprávnenia
Hrúbka materiálu	t	≤2t
Vonkajší priemer rúry	D	≤D
Preplátovaná dĺžka	L	≤1,25L
Ak sa hrúbky materiálu líšia, dolná hranica je založená na najtenšej a horná hranica na najhrubšej hrúbke.		



Smer tečenia spájky

V tejto časti neprišlo ku zmenám

Grafické vyobrazenie	Smer tečenia spájky	Rozsah oprávnenia
	H - vodorovné (angl. horizontal flow)	H, VD (vodorovné zatekanie a zvislé zatekanie nadol)
	VD - zvislé nadol (angl. vertical down- flow)	VD (zvislé nadol)
	VU - zvislé nahor (angl. vertical up – flow)	H, VD, VU (všetky smery tečenia spájky)

Kvalifikácia operátora spájkovania



Ak sa na skúšku použije mechanizované alebo automatizované spájkovanie, rozsah kvalifikácie je obmedzený iba na proces spájkovania a typ zariadenia.

Skúška a skúšanie

Podmienky a metódy skúšania sa nezmenili



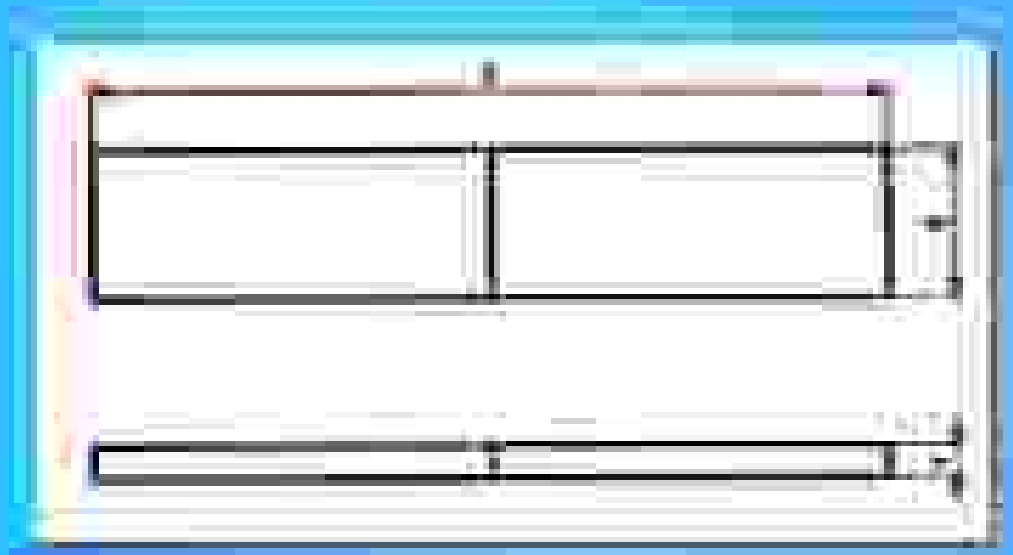
Hraničné priemery rúr [mm]
Minimálna dĺžka rúr [mm]
Počet skúšobných vzoriek

D ≥ 50	75	1
25 ≤ D < 50	75	2
D < 25	75	3

Pri spájkovaní plechov 1 skúšobná vzorka pozostáva z 2 skúšobných telies s dĺžkou min. 75 mm a šírkou min 30 mm

Príklady skúšobných vzoriek

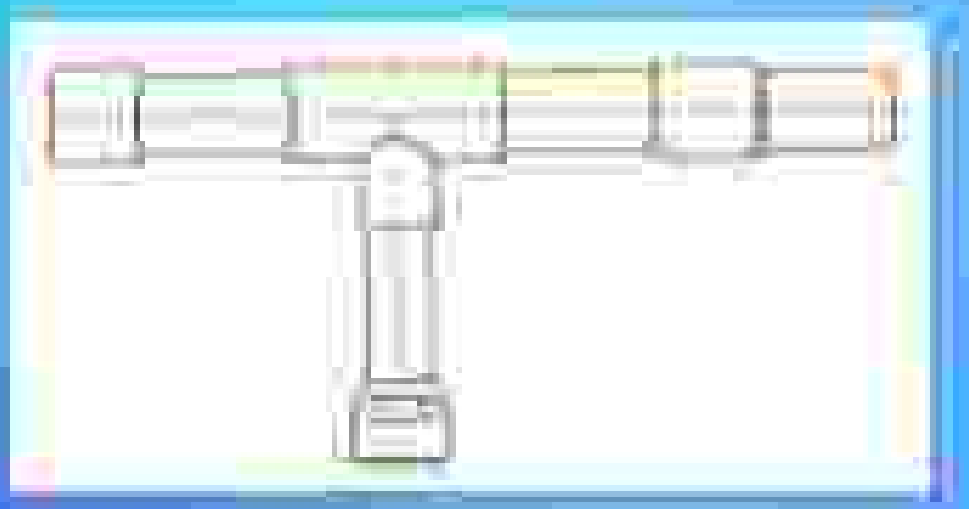
tupý spoj pri plechoch BJ



preplátovaný spoj pri rúrach (jednoduchý) LJ



preplátovaný spoj pri rúrach (viacnásobne preplátovaný)



T - spoj



Doba platnosti

Doba platnosti kvalifikácie spájkovača alebo operátora spájkovania je 5 rokov pri splnení známych podmienok



Označenie (príklad)

Spájkovač

STN EN ISO 13585:2021

912 T LJ 310 CuP281 FF t1,5 D20 L5 H

Operátor spájkovania

STN EN ISO 13585: 2021 – 921 PP







Peter Interholz

Kreditný systém predlžovania certifikátov NDT - skúsenosti z praxe

Ing. Eva Gubóová

PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s. Bratislava

Norma STN EN ISO 9712 Nedeštruktívne skúšanie. Kvalifikácia a certifikácia pracovníkov nedeštruktívneho skúšania bola revidovaná.

Norma je platná od 1.11.2022, do systému CO PZ, a. s. prijatá dňa 1.4.2023

Podstatné zmeny oproti pôvodnej:

..... o. i. boli doplnené požiadavky na kandidátov požadujúcich predĺženie certifikátov, ...

Poznámka: Dovtedy platilo, že .... predĺženie iba na základe predloženia žiadosti, informácie o činnosti za predchádzajúce obdobie a potvrdenia zrakovej spôsobilosti.

Norma STN EN ISO 9712: 2022 v kapitole 10 Predĺženie hovorí o podmienkach predĺženia platnosti certifikátov a o postupe, ktorý musí certifikačný orgán dodržať.

... a zároveň aj o tom, ako sa počíta nová lehota platnosti predĺženého certifikátu.

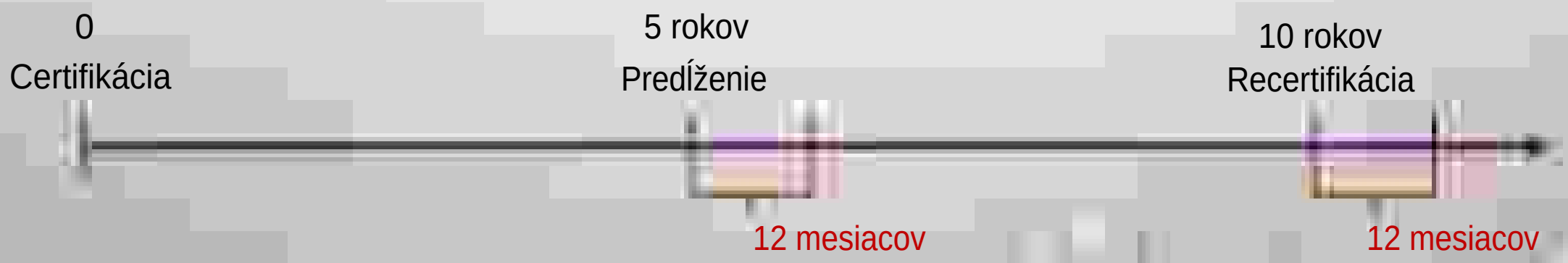
Definícia z normy:

Predĺženie je proces obnovenia platnosti certifikátu kedykoľvek do piatich rokov po úspešnom vykonaní úvodnej, doplňujúcej alebo recertifikačnej skúšky.

O predĺženie platnosti certifikátu musí jeho držiteľ požiadať pred dátumom skončenia platnosti, najneskôr však do 12 mesiacov po skončení platnosti.

Ak držiteľ certifikátu nepožiada o jeho predĺženie do 12 mesiacoch od skončenia platnosti, potom musí absolvovať sťažený proces skúšania a to nasledovne:

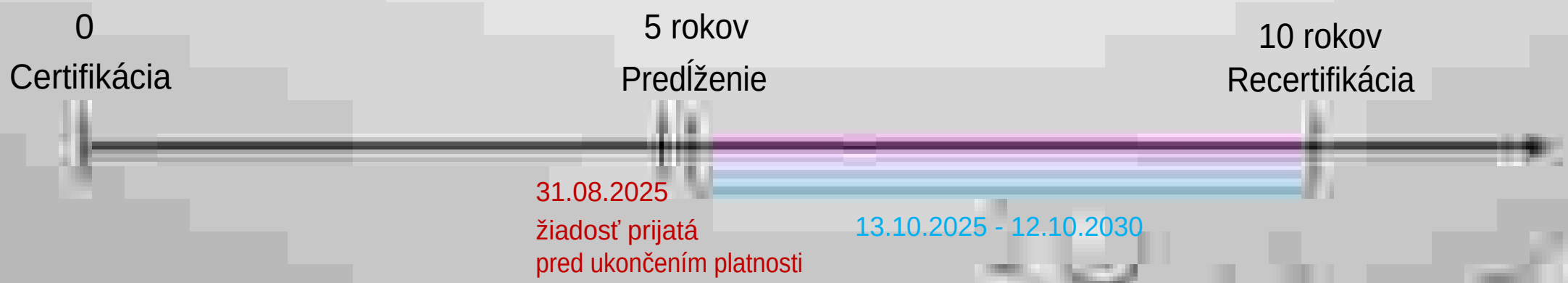
- ak mal ísť na proces predlžovania po 5 rokoch od skúšky, podstúpi recertifikačnú skúšku
- ak mal ísť na proces recertifikácie po 10 rokoch od skúšky, podstúpi celú skúšku



Ak je žiadosť o predĺženie platnosti certifikátu NDT **prijatá** certifikačným orgánom pred dátumom skončenia jeho platnosti alebo v deň skončenia platnosti - dátum predĺženia platnosti nového certifikátu bude rovnaký ako dátum skončenia platnosti pôvodného certifikátu.

Príklad: Certifikát VT2 platí do 12.10.2025; žiadosť prišla 31.08.2025 spolu s požadovanými prílohami, držiteľ certifikátu VT2 požiadal o kreditný systém predĺženia. Certifikačný orgán (CO) ***žiadosť prijal*** *dňa 2.9.2025 s konštatovaním, že požiadavky pre kreditný systém predĺženia sú splnené. V zmysle normy bude obdobie platnosti certifikátu: 13.10.2025 - 12.10.2030, t. j. bez prerušenia certifikácie.*

Poznámka: .... žiadosť musí byť prijatá CO a nie doručená na adresu CO !

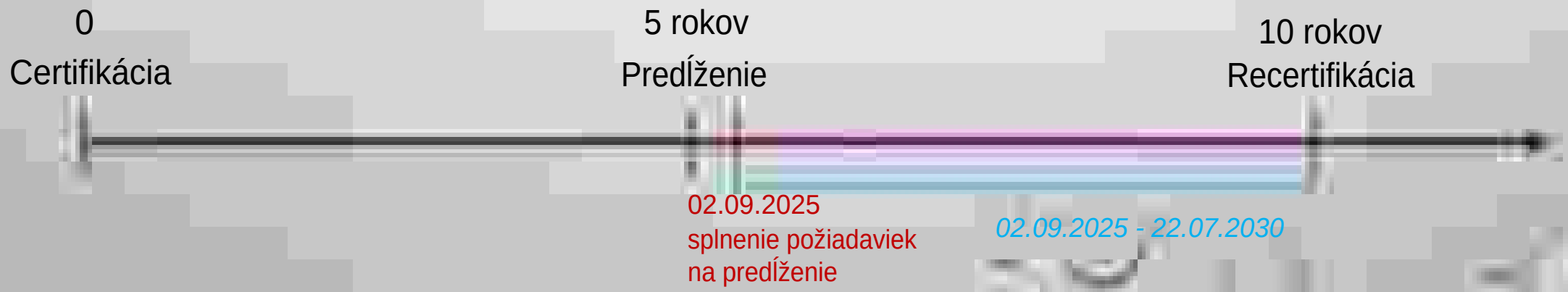


Ak je žiadosť o predĺženie platnosti certifikátu NDT **prijatá** certifikačným orgánom po dátume skončenia jeho platnosti (ale do 12 mesiacov) – za dátum predĺženia platnosti nového certifikátu bude považovaný ten, kedy budú splnené všetky požiadavky normy.

Tu už dôjde k prerušeniu certifikácie.

*Príklad: Certifikát VT2 platil do 22.07.2025; žiadosť o predĺženie je na certifikačný orgán spolu s prílohami doručená dňa 31.08.2025. Certifikačný orgán **žiadosť prijal** dňa 2.9.2025 s konštatovaním, že požiadavky pre kreditný systém predĺženia sú splnené. V zmysle normy bude obdobie platnosti certifikátu: 02.09.2025 - 22.07.2030*

(platnosť do: podľa platnosti pôvodného certifikátu).



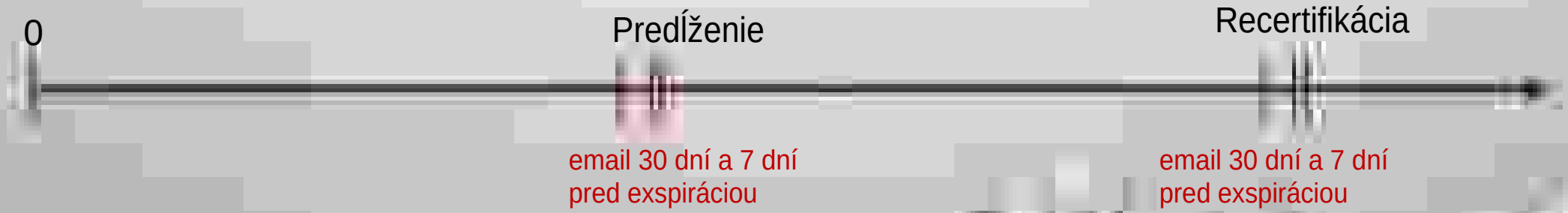
Certifikačný orgán sa snaží držiteľov certifikátov upozorňovať na končiacu platnosť.

Centrálna databáza osôb certifikačného orgánu PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s., Bratislava zasiela držiteľom certifikátov automatické upozornenia o tom, že sa blíži koniec platnosti kvalifikácií/certifikátov, ktoré im boli udelené.

Upozornenia zasiela systém automaticky 30 dní a následne ešte 7 dní pred skončením platnosti kvalifikácie/certifikátu.

Poznámka: Systém zasiela upozornenia na emailové adresy, ktoré sú zapísané v CDO. Je preto potrebné, hlásiť na CO akúkoľvek zmenu týkajúcu sa zmeny adresy, telefónneho čísla, ale aj emailovej adresy (podmienky dohody T52-COPZ, ktorú certifikovaná osoba podpisuje).

Treba si však uvedomiť, že ide o personálnu certifikáciu a každý držiteľ si platnosť svojej kvalifikácie musí sledovať !



VÁŽENÁ PANI/VÁŽENÝ PÁN ING. ADAM SKÚŠOBNÝ,

O **30 DNÍ** VÁM KONČÍ PLATNOSŤ NASLEDOVNÝCH KVALIFIKÁCIÍ:
SK-10-2331066 - STN 05 0610, E-102/2020, 302/10, PLATNOSŤ DO: 16.10.2025

- V PRÍPADE ZÁUJMU O PREDLŽENIE KVALIFIKÁCIE **ZVÁRAČA/SPÁJKOVAČA/PRESKÚŠANIA Z LEGISLATÍVY** PROSÍM KONTAKTUJTE NIEKTORÚ Z NAŠICH ZVÁRAČSKÝCH ŠKÔL ALEBO:
  ING. BRANISLAV ŠIMOVIČA
  TEL. C. 02/68 262 204
  E-MAIL: VZDELAVANIE@PZVAR.SK

  V PRÍPADE ZÁUJMU O PREDLŽENIE KVALIFIKÁCIE **NDT** ALEBO **VYŠŠIEHO ZVÁRAČSKÉHO PERSONÁLU** PROSÍM KONTAKTUJTE:
  MGR. KATARÍNU FABIANOVÚ
  TEL. C. 02/68 262 224
  E-MAIL: FABIANOVA.KATARINA@PZVAR.SK

Resp.:

VÁŽENÁ PANI/VÁŽENÝ PÁN, ING. ADAM SKÚŠOBNÝ,

O **7 DNI** VÁM KONČÍ PLATNOSŤ NASLEDOVNÝCH KVALIFIKÁCIÍ: .....

Žiadateľ o predĺženie platnosti NDT certifikátu musí na certifikačný orgán predložiť:

- Vyplnené tlačivo žiadosti T05-COPZ, v ktorom označí o. i. požadovaný spôsob predĺženia,
- Dôkaz o uspokojivom vyšetrení ostrosti zraku na blízko počas predchádzajúcich 12 mesiacov, dôkaz o uspokojivom vyšetrení ostrosti zraku do diaľky počas predchádzajúcich 12 mesiacov (platí pre metódu VT) a dôkaz o uspokojivom vyšetrení farebného videnia, resp. vnímania odtieňov sivej farby vykonanom počas predchádzajúcich 60 mesiacov – tlačivo T55-COPZ,
- Dôkaz o pokračujúcej pracovnej činnosti bez významného prerušenia – informácia o činnosti T60-COPZ,

a následne úspešne absolvuje **praktickú skúšku** v zmysle kap. 10.1 e) normy, t. j. vyhodnotenie 1 až 3 skúšobných vzoriek NDT v závislosti od počtu získaných výrobkových sektorov (1-2 sektory 1 vzorka, 3-4 sektory 2 vzorky, 5 a viac sektorov 3 vzorky),

alebo

splní požiadavky **kreditného systému** v zmysle kap. 10.2 a prílohy C normy – tlačivo T88-COPZ.

Kandidát musí certifikačnému orgánu poskytnúť dôkaz, že **počas predchádzajúceho 5-ročného obdobia** týkajúceho sa jeho certifikácie **dosiahol aspoň 100 bodov** na základe požiadaviek uvedených v norme STN EN ISO 9712: 2022, tabuľka C.1.

POZOR! Norma v prílohe C hovorí, že: ...Tam, kde je uvedený výraz „rok/roky“, ide o certifikačný rok a nie kalendárny rok.

Ak kandidátovi v jednom termíne končí platnosť viacerých certifikátov NDT (napr. VT 2 a PT 2), pre každú z metód musí dosiahnuť minimálne 100 bodov.

Norma STN EN ISO 9712: 2022 v prílohe C určila kombinácie činností, ktoré sú rozdelené do dvoch častí A a B. Kandidáti, ktorí požadujú predĺženie certifikátu formou kreditného systému musia získať minimálne počty bodov. A to nasledovne:

• SPOLU ZA ČASŤ A:

Kandidáti musia z tejto časti získať:

v 1. stupni minimálne 75 bodov zo 100 bodov,

v 2. stupni minimálne 50 bodov zo 100 bodov,

v 3. stupni minimálne 50 bodov zo 100 bodov.

• ČASŤ B:

Kandidáti v časti B môžu získať chýbajúce body.

TABUĽKA PRE KREDITNÝ SYSTÉM PODĽA STN EN ISO 9712, PRÍLOHA C

Položka	Aktivita	Stupeň 1			Stupeň 2			Stupeň 3		
		Pridelené body	Max. počet bodov za 1 rok	Max. počet bodov za 5 rokov	Pridelené body	Max. počet bodov za 1 rok	Max. počet bodov za 5 rokov	Pridelené body	Max. počet bodov za 1 rok	Max. počet bodov za 5 rokov
	Časť A									
1	Výkon činností NDT [a)]	2 za deň	25	95	2 za deň	25	95	2 za deň	25	95
2	Absolvovanie teoretickej prípravy v metóde	1 za deň	5	15	1 za deň	5	15	1 za deň	5	15
3	Absolvovanie praktickej prípravy v metóde	2 za deň	10	25	2 za deň	10	25	2 za deň	10	25
4	Výučba praktickej alebo teoretickej prípravy v požadovanej metóde NDT	-	-	-	1 za deň	15	75	1 za deň	15	75
5	Účasť na výskumných aktivitách v oblasti metódy NDT alebo inžinierstva NDT [b)]	1 za týždeň	15	60	1 za týždeň	15	60	1 za týždeň	15	60

	Časť B									
6	Účasť na technickom seminári v oblasti metódy alebo techniky	1 za deň	2	10	1 za deň	2	10	1 za deň	2	10
7	Prednášanie na technickom seminári v oblasti metódy alebo techniky	1 za prezen-táciu	3	15	1 za prezen-táciu	3	15	1 za prezen-táciu	3	15
8	Platné členstvo v komisii NDT alebo v spoločnosti súvisiacej s NDT	1 za člen-stvo	2	5	1 za člen-stvo	2	5	1 za člen-stvo	2	5
9	Technický dohľad a školenie (mentoring) NDT pracovníkov v príslušnej metóde	-	-	-	2 za účastníka školenia	10	30	2 za účastníka školenia	10	40
10	Účasť alebo vedenie v normalizačných a technických komisiách	-	-	-	1 za komisiu	3	15	1 za komisiu	4	20
11	Vykonávanie technickej úlohy týkajúcej sa metódy NDT v rámci certifikačného orgánu	-	-	-	2 za činnosť	10	30	2 za činnosť	10	40

Časť A je všeobecne určená pre pracovníkov NDT, ktorí pracujú a vzdelávajú sa v NDT.

Časť B je špecifická pre odborníkov v oblasti NDT, kde body možno získať za členstvo, účasť v komisiách ako aj na konferenciách NDT.

Kandidát certifikovaný v **1. stupni** NDT musí získať z časti A minimálne 75 bodov.

Kandidát certifikovaný v **2. stupni** NDT musí získať z časti A minimálne 50 bodov.

Kandidát certifikovaný v **3. stupni** NDT musí získať pri recertifikácii z časti A minimálne 50 a maximálne 70 bodov a z časti B minimálne 30 a maximálne 50 bodov.

Časť A

1	Výkon činností NDT [a)]	Body získavate za samotný výkon činnosti NDT, prácu v NDT. Maximálne môžete získať: 2 body za 1 deň, 25 bodov za 1 rok a 95 bodov za 5 rokov
2	Absolvovanie teoretickej prípravy v metóde	Body môžete získať za účasť na vzdelávacej akcii/školení v danej metóde NDT (v ktorej ste certifikovaný), ktorej cieľom je zvyšovanie kvalifikácie (napr. technika NDT pre UT Phased Array, TOFD; iné špecifické techniky NDT pre danú metódu). Maximálne môžete získať: 1 bod za 1 deň, 5 bodov za 1 rok a 15 bodov za 5 rokov
3	Absolvovanie praktickej prípravy v metóde	Body môžete získať za účasť na workshope/praktickom vzdelávaní, kde si zdokonaľujte zručnosti NDT v danej metóde, v ktorej ste certifikovaný, ktorej cieľom je zvyšovanie kvalifikácie (napr. technika NDT pre UT Phased Array, TOFD; iné špecifické techniky NDT pre danú metódu). Maximálne môžete získať: 2 body za 1 deň, 10 bodov za 1 rok a 25 bodov za 5 rokov
4	Výučba praktickej alebo teoretickej prípravy v požadovanej metóde NDT	Za túto aktivitu môže získať body len osoba certifikovaná na stupeň 2 alebo 3. Jedná sa o činnosť lektora, učiteľa, ktorý vzdeláva iné osoby v danej metóde NDT, v ktorej je certifikovaný. Maximálne môžete získať: 1 bod za 1 deň, 15 bodov za 1 rok a 75 bodov za 5 rokov
5	Účasť na výskumných aktivitách v oblasti metódy NDT alebo inžinierstva NDT [b)]	Táto činnosť je špecifická pre samotnú činnosť NDT, zahŕňa napríklad návrh NDT kontroly, implementáciu NDT vo výrobe, zavedenie alebo overovanie postupov NDT, hodnotenie dodávateľov a techník NDT, riešenie nezhôd vo výrobe, zodpovednosť za zariadenia NDT, koordinácia prác NDT, validácia techník NDT. Maximálne môžete získať: 1 bod za týždeň, 15 bodov za 1 rok a 60 bodov za 5 rokov

Časť B

6	Účasť na technickom seminári v oblasti metódy alebo techniky	Za túto aktivitu sa považuje účasť na konferencii, seminári, odbornej akcii ktorej cieľom je získanie nových vedomostí v danej metóde NDT alebo technike. Maximálne môžete získať: 1 bod za deň, 2 body za 1 rok a 10 bodov za 5 rokov.
7	Prednášanie na technickom seminári v oblasti metódy alebo techniky	Za túto aktivitu sa považuje prednášanie na konferencii, technickom seminári, odbornej akcii ktorej cieľom je predávanie-rozširovanie nových vedomostí v danej metóde NDT alebo technike. Maximálne môžete získať: 1 bod za prezentáciu, 3 body za 1 rok a 15 bodov za 5 rokov.
8	Platné členstvo v komisii NDT alebo v spoločnosti súvisiacej s NDT	Za túto aktivitu sa na Slovensku považuje platné členstvo v danom roku: v SSNDT; vo výbore pre certifikačné schémy NDT; členstvo v medzinárodných komisiách NDT a iné akceptované certifikačným orgánom. Maximálne môžete získať: 1 bod za členstvo, 2 body za 1 rok a 5 bodov za 5 rokov.
9	Technický dohľad a školenie (mentoring) NDT pracovníkov v príslušnej metóde	Za túto aktivitu môže získať body len osoba certifikovaná na stupeň 2 alebo 3. Za túto aktivitu sa považuje osobné vzdelávanie alebo školenie pracovníkov NDT, ktorých vediete a dohliadate nad ich činnosťou. Maximálne môžete získať: 2 body za osobu, 10 bodov za 1 rok a 30 bodov (pre tretí stupeň platí 40 bodov) za 5 rokov podľa úrovne certifikácie.
10	Účasť alebo vedenie v normalizačných a technických komisiách	Za túto aktivitu môže získať body len osoba certifikovaná na stupeň 2 alebo 3. Za túto aktivitu sa považuje platné členstvo v danom roku v technickej normalizačnej komisii, napr. STN, ČSN, ... Maximálne môžete získať: 1 bod za komisiu, 3 (pre tretí stupeň platí 4) body za 1 rok a 15 (pre tretí stupeň platí 20) bodov za 5 rokov podľa úrovne certifikácie.
11	Vykonávanie technickej úlohy týkajúcej sa metódy NDT v rámci certifikačného orgánu	Za túto aktivitu môže získať body len osoba certifikovaná na stupeň 2 alebo 3. Za túto aktivitu sa považuje NDT aktivita vykonávajúca v rámci certifikačného orgánu a v spolupráci s certifikačným orgánom (subdodávky). Maximálne môžete získať: 2 body za činnosť, 10 bodov za 1 rok a 30 (pre tretí stupeň platí 40) bodov za 5 rokov podľa úrovne certifikácie.

K aktivitám 2 - 11 je potrebné doložiť dokumenty potvrdzujúce účasť na danej aktivite.

Na potvrdeniach prosím uveďte termín a dĺžku trvania, typ aktivity, metódu NDT a rozsah školenia.

V tlačive T88-COPZ potom v príslušnej časti vyznačte koľko bodov a v ktorej časti kreditného systému si uplatňujete.

Príklad:

Som NDT pracovník vykonávajúci bežne činnosť NDT. V priebehu 5 rokov som pracoval v tejto oblasti a teda si môžem uplatniť v časti A, aktivity č.1 ... 95 bodov za 5 rokov činnosti. Toto mi však nepostačuje na uznanie kreditného systému a potrebujem získať ďalších 5 bodov za inú aktivitu.

Zvyšné body potom získam napr.: Bol som na konferencii, kde sa preberala téma NDT a podľa časti B, aktivity č.6 som za dva dni získal 2 body. Ďalej sme pre nového zákazníka aplikovali NDT kontrolu a podieľal som sa na nastavení NDT kontroly. Podľa časti A, aktivity č. 5 som pracoval 3 týždne na nastavení NDT kontroly, tak si môžem uplatniť 3 body do kreditného systému. Celkovo mám už požadovaných 100 bodov (95+2+3). Z konferencie prikladám potvrdenie o účasti a za nastavenie NDT kontroly pre nového zákazníka mi vystaví zamestnávateľ potvrdenie o dĺžke trvania tejto činnosti.

Ďalej prikladám žiadosť o predĺženie T05-COPZ, potvrdenie z očného vyšetrenia T55-COPZ a informáciu o činnosti T60-COPZ.

Takže, to bolo také krátke zopakovanie ...

.... a ďakujem všetkým za pozornosť