

## BEZPEČNOSTNÉ OPATRENIA PRI BODOVOM ODPOROVOM ZVÁRANÍ

MAROŠ VYSKOČ - MIROSLAV SAHUL - PAVEL KOVAČÓCY

## SAFETY PRECAUTIONS DURING RESISTANCE SPOT WELDING

**ABSTRAKT**

Príspevok sa zaoberá bezpečnostnými opatreniami pri bodovom odporovom zváraní. Vzhľadom k tomu, že zvarový spoj vzniká vo vnútri, na rozhraní medzi dvomi zváranými plechmi je potrebné vziať do úvahy rozdielne a špecifické riziká v procese bodového odporového zvárania. Na rozdiel od ostatných spôsobov zvárania nedochádza pri bodovom odporovom zváraní k tvorbe výparov vo väčšom množstve. Nebezpečenstvo súvisiace s odletujúcimi iskrami je nižšie v porovnaní s ostatnými spôsobmi zvárania. Vzhľadom k tomu, že sa pri zváraní používajú zariadenia vyvodzujúce prítlačnú silu existuje tu vyššie nebezpečenstvo poranenia od týchto častí zariadenia. Ďalšie riziko predstavujú odletujúce častice roztaveného kovu, v dôsledku čoho hrozí poranenie očí a tváre.

**KLúčové slová:** bodové odporové zváranie, bezpečnosť, horčikové zliatiny, zvaracie zariadenia

**ABSTRACT**

The paper deals with the technology and safety guidelines for RSW. Since the weld is made inside the workpieces, there are different and unique hazards to consider. RSW, unlike many other welding processes, produces little fumes and only negligible arc rays. Even the fire hazard from flying sparks is modest to low compared to other processes. However, because of the tongs and linkages, there is higher risk of mechanical hazards, such in pinching and crushing the fingers and hands, than other processes. Eye or face injury from flying metal and sparks is also present, since these particles are often thrown off from the weld.

**Key words:** resistance spot welding, safety, magnesium alloys, welding equipment

**Úvod**

Odporové zváranie a princíp odporového stroja patentovali hneď dvaja technici a to ruský technik N. N. Bernados, a americký technik E. Thomson v roku 1887. Ako prvý dokázali, že je možné spojiť dve oceľové časti zvarom, ktorý vznikne odporovým teplom pri prechode elektrického prúdu [1].

Bodové odporové zváranie je pre svoje charakteristické vlastnosti predurčené pre rozsiahle využitie v sériovej a hromadnej výrobe pri vysokej produktivite práce. Je jedným z najstarších elektrických zvaracích procesov používaných v priemysle. V ostatných rokoch zaznamenal veľký rozmach automobilový priemysel, kde je bodové odporové zváranie hlavnou metódou spájania už od roku 1930 [2, 3].

Samozrejme, tak ako aj pri iných procesoch zvárania, je aj bodové odporové zváranie spojené s určitými rizikami, ktoré môžu spôsobiť či už materiálne škody, alebo zranenia obsluhujúceho personálu. Preto sú stanovené určité predpisy, ktoré by mali eliminovať možné riziká, ktoré môžu vzniknúť v procese zvárania.

**1 Zváranie elektrickým odporom**

Zváranie elektrickým odporom predstavuje koordinovanú súčinnosť pôsobenia elektrického prúdu a mechanického tlaku počas určitého času. Zvárané časti sú prítlačené pomocou vodivých elektród, ktoré prenášajú elektrický prúd. Prechodom prúdu sa v stykovej ploche vyvíja teplo, ktoré je priamo úmerné štvorcu prechádzajúceho prúdu, prechodovému odporu a času pôsobenia prúdu. Množstvo tepla, ktoré vzniká v mieste kontaktu dvoch materiálov, možno vyjadriť Joulovým vzťahom:

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t \text{ [J]}, \text{ kde}$$

$Q$  - množstvo tepla [J],

$R$  - elektrický prechodový odpor [ $\Omega$ ],

$I$  - elektrický prúd [A],

$t$  - čas (čas prechodu prúdu) [s].

Pretože kontaktný odpor medzi medenými elektródami a povrchom zváraných materiálov je menší ako prechodový odpor miesta kontaktu dvoch spájaných častí, najväčšie množstvo tepla sa vyvinie práve v mieste zvaru.

Materiály s vysokým merným elektrickým odporom, nízkou tepelnou vodivosťou a relatívne nízkou teplotou tavenia je možné odporovým zváraním pomerne ľahko zvarať. Sem patria predovšetkým zliatiny železa. Materiály s nižším merným elektrickým odporom a s vyššou tepelnou vodivosťou (hliník, horčík a ich zliatiny) sa odporovým zváraním zvarujú ťažšie. Ťažko sa odporovým zváraním zvarujú aj drahé kovy a zliatiny medi pre ich vysokú tepelnú vodivosť a žiaruvzdorné materiály z dôvodu ich vysokej teploty tavenia.

Poznáme sedem spôsobov odporového zvárania:

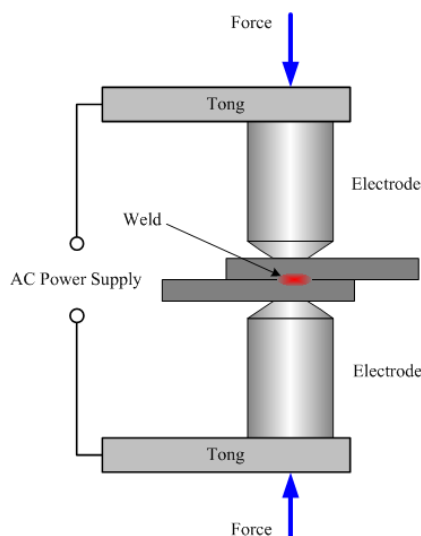
- odporové bodové zváranie (resistance spot welding),
- odporové švové zváranie (resistance seam welding),

- výstupkové zváranie (projection welding),
- stykové odtavovacie zváranie (flash welding),
- vysokofrekvenčné zváranie (high-frequency resistance welding),
- kondenzátorové (výbojové) zváranie (percussion welding),
- stykové stláčacie zváranie (upset welding) [4, 5, 6].

## 1.1 Technológia bodového odporového zvárania

Princíp bodového odporového zvárania (obr. 1) je založený na stlačení preplátovaných plechov pomocou tyčových elektród z Cu zliatiny, medzi ktorými sa uzatvorí sekundárny obvod zväračky. Elektródy privádzajú prúd a sústreďujú silu do oblasti budúceho spoja. Krátkodobým prechodom prúdu dôjde k nataveniu v mieste najväčšieho odporu, t. j. v mieste styku preplátovaných plechov. Po vypnutí prúdu sa vytvorí z roztaveného kovu typická zvarová šošovka. Má charakteristickú dendritickú štruktúru, čo je tiež dôkazom predchádzajúcej existencie roztaveného materiálu [7].

Bodové zváranie sa používa na spájanie plechov z bežných ocelí, hlbokoťažných ocelí ako aj chrómniklových ocelí do hrúbky 3 mm bez povrchovej úpravy alebo s povrchovou úpravou. Ďalej na zváranie Al plechov a plechov zo zliatin Al do hrúbky 0,2 mm [5].



Obr. 1 - Princíp bodového odporového zvárania [1]

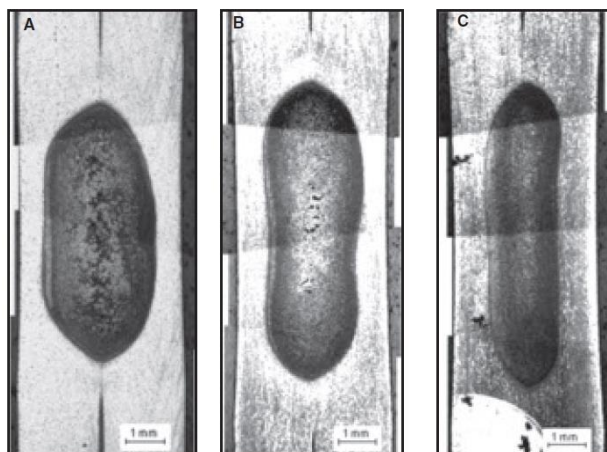
## 1.2 Parametre zvárania

Pri *tvrdom zväracom režime* sa zvära veľkými prúdmi (viac ako  $200 \text{ A}\cdot\text{mm}^{-2}$ ), krátkymi časmi (do  $40 \text{ ms}$ ), pri veľkej zvärackej sile (nad  $80 \text{ MPa}$ ). Pri tomto režime zvárania sa získa väčší počet bodov za jednotku času. Tento režim sa používa pri zváraní materiálov s vysokou tepelnou vodivosťou, napr. Al a jeho zliatin. Šošovky majú väčší priemer, ktorý zodpovedá približne dosadaciemu priemeru elektródy a ich výška je len 30 % hrúbky plechu. Hĺbka vtlačku je menšia a pevnosť zvarového spoja vyššia.

Pri *mäkkom zväracom režime* sa zvära menšími prúdmi (do  $150 \text{ A}\cdot\text{mm}^{-2}$ ) a dlhšími časmi (do  $600 \text{ ms}$ ) pri menšej zvärackej sile (do  $60 \text{ MPa}$ ) a s menším počtom bodov vyrobených za jednotku času. Tieto parametre sa používajú pri materiáloch náchylných na zakalenie. Životnosť elektród aj kvalita spoja je nižšia. Zvarová šošovka má menší priemer a väčšiu výšku – dosahuje až 90 % hrúbky plechu.

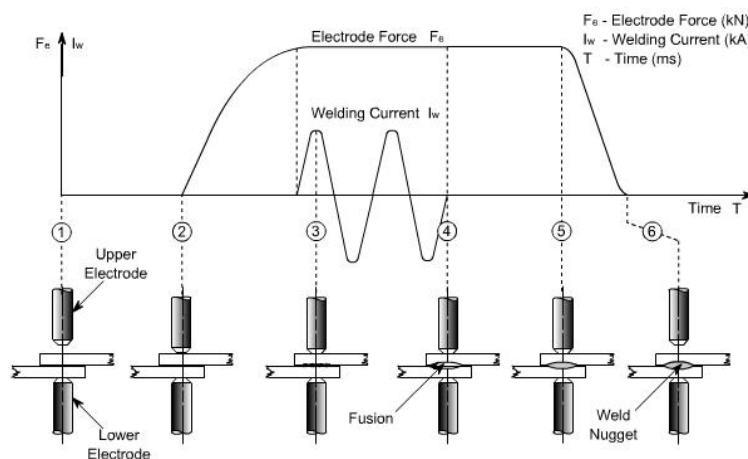
V praxi sa zvära niekde medzi tvrdým a mäkkým režimom v oblasti vyhovujúcich zvarov (obr. 2). [5, 6].

Na obrázku č. 3 sú zobrazené makroštruktúry zvarových spojov Mg zliatiny AZ31B vyhotovených pri mäkkom zväracom režime (a), v oblasti vyhovujúcich spojov (b) a tvrdom režime (c).



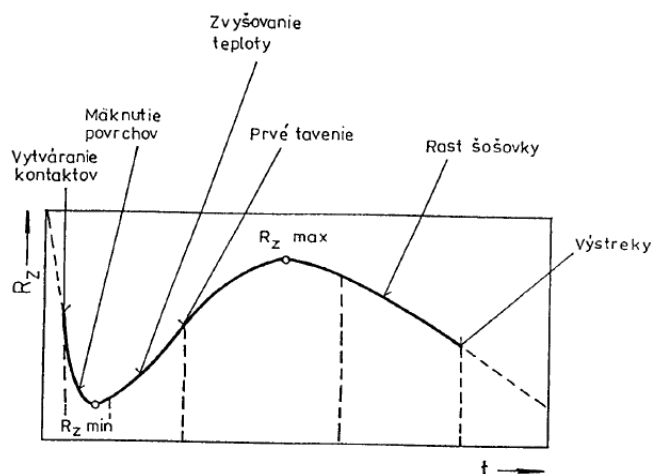
Obr. 2 - Makroštruktúra zvarov pri rôznych parametroch zvárania [6]

Zvárací cyklus bodového zvárania je uvedený na obr. 3. Rýchlosť ohrevu a ochladzovania dosahuje niekoľko tisíc  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ . V bode č. 1 sú materiály umiestnené medzi elektródy. V ďalšom bode pôsobí na materiály dosadacia sila. V treťom bode dochádza k rýchlemu ohrevu s natavením v úzkej zóne. V bode č. 4 nastáva zvýšenie teploty a rozšírenie natavenej oblasti. V bode č. 5 prebehne kovanie a v bode č. 6 nasleduje uvoľnenie elektród.



Obr. 3 - Zvárací cyklus bodového zvárania [5]

Odpory v zvarovej oblasti sa počas zvárania menia (obr. 4). Celkový odpor  $R$  spočiatku klesá vplyvom zmäknutia povrchov, čo spôsobí lepšie dosadenie elektród. S postupujúcim vytváraním šošovky začne zanikať prechodový odpor  $R_{p-z}$ , ale celkový odpor napriek tomu vzrastá. Rozhodujúcu úlohu má zvyšujúci sa ohrev – s teplotou stúpa odpor materiálu [8].



Obr. 4 - Zmena odporu  $R$  v oblasti zvaru počas zvárania [4]

### 1.3 Zváracie zariadenia na bodové odporové zváranie

Zváracie zariadenia na bodové zváranie elektrickým odporom sa delia na ručné a stacionárne (stojanové, stĺpové). V praxi sa na výrobu elektród používa meď legovaná Zr. Ramená bodových zväracích zariadení bývajú zvyčajne vyrobené z mosadze a pri výkonných typoch sú chladené vodou. Prítlak ramien je mechanický (s ručným, alebo nožným ovládaním na princípe páky), pneumatikky, alebo elektromotorický.

*Ručné bodovacie zariadenia* sú často nazývané bodovacie kliešte (obr. 5). Kliešte typu *C* alebo *H* môžu mať oddelený alebo zabudovaný transformátor. Sú to prenosné zariadenia na zváranie plechov do hrúbok 3 + 3 mm. Prítlak majú väčšinou mechanický na princípe páky, alebo pneumatikky. Pri mechanickom riešení sa prítlak ovláda rukou zvärača. Transformátor, ramená a elektródy sú chladené len okolitým vzduchom a najmä chladenie ramien je limitujúcim faktorom. Kadencia bodovania býva veľmi malá do 10 bodov za minútu. Pneumatikky systém pritlačania s vodným chladením sa používa často, pretože stláčanie je rýchle [5].



Obr. 5 - Ručné bodovacie zariadenia [5]

*Stacionárne bodovacie zariadenia* (obr. 6) majú minimálne ramená chladené vodou. Často býva vodou chladený transformátor aj elektródy. Vyvedenie prítláčnej sily býva riešené hydraulicky a pokyn na zovretie ramien a zapínanie prúdu dáva obsluha zvyčajne nožným spínačom. Používa sa plynulá regulácia prúdu a času. Sú určené pre sériovú výrobu s veľkou kadenciou bodov [5].



Obr. 6 - Stacionárne bodovacie zariadenie [5]

*Robotizované zväracie pracovisko na bodové zváranie* (obr. 7) sa používa najmä v automobilovom priemysle. Veľkou výhodou je rovnomerné priloženie elektród pod rovnakým uhlom a lepším využitím krokového zvyšovania prúdu. Na zváranie sa používa jednosmerný prúd [5].



Obr. 7 - Robotizované zvaracie pracovisko[5]

#### 1.4 Výhody a nevýhody bodového odporového zvarania

Ako výhody je možné uviesť presné dávkovanie tepla, vysokú reprodukovateľnosť, vysokú produktivitu práce, absenciu škodlivých splodín a ultrafialového žiarenia, možnosť zvariť bez ochrannej atmosféry, možnosť robotizácie.

Medzi hlavné nevýhody patrí predovšetkým obmedzená hrúbka zvarovaných materiálov, nižšia pevnosť v ťahu, únavová pevnosť zvarových spojov a vyššia cena zvaracích zariadení v porovnaní s oblúkovými metódami zvarovania [6].

#### 2 Bezpečnostné opatrenia pri bodovom odporovom zvaraní

S rozvojom jednotlivých druhov zvarovania vznikli i bezpečnostné požiadavky a predpisy. Základné požiadavky bezpečnosti práce pri zvaraní elektrickým odporom stanovuje STN 05 0650 [9].

Zdrojmi ohrozenia zvárača obsluhujúceho odporovú zváračku sú:

- elektrický prúd,
- rozstreknutie roztaveného kovu,
- škodlivé splodiny,
- pohybujúce sa časti zariadenia,
- hluk [10].

Symboły uvedené nižšie upozorňujú na možné nebezpečenstvá:



Letiace iskry, ktoré vznikajú pri tvorbe bodového odporového zvarového spoja môžu spôsobiť popáleniny alebo môže prísť k požiaru. Je potrebné:

- odstrániť všetky horľaviny v okruhu 10 m, ak to nie je možné treba zabezpečiť miesto zvarovania vhodným krytom,
- nezvarovať tam, kde môže atmosféra obsahovať horľavé plyny, pary,
- chrániť seba a iné osoby pred letiacimi iskrami a horúcim kovom,
- používať schválené ochranné okuliare s bočnými štítmí [11].



Kontakt s elektrickými časťami môže spôsobiť smrteľné zranenia alebo ťažký úraz, preto je:

- nedotýkať sa živých elektrických častí,
- skontrolovať a uistiť sa, že zemiaci vodič je správne pripojený k zemi a bez poškodenia po celej jeho dĺžke,
- udržiavať kábel v suchu a chrániť ho pred horúcim kovom a iskrami,
- udržiavať všetky kryty a bezpečnostné prvky na svojom mieste [11].



Letiace čiastočky kovu môžu poškodiť zrak.

- používať štít na ochranu tváre alebo ochranné okuliare s bočnými ochrannými štítmí,
- používať ochranné odevy, kožené topánky a čiapky,
- chrániť ostatných v blízkom priestore predpísanými ochrannými pomôckami [11].



Horúce časti môžu spôsobiť popáleniny.

- nedotýkať sa horúcich častí holými rukami,
- pre manipuláciu s horúcimi dielmi použiť vhodný nástroj, zväracie rukavice a oblečenie tak, aby sa zabránilo popáleniu [11].



Pohyblivé časti ako robot, ramená a kliešte zariadenia môžu spôsobiť zranenie.

- chrániť sa pred pohyblivými časťami,
- chrániť sa pred zovretím klieští,
- nedávať ruky do priestoru medzi kliešťa,
- skontrolovať, že v pracovnom priestore nie sú iné osoby alebo predmety,
- udržiavať všetky kryty na svojom mieste [11].



Zváranie produkuje plyny, ktoré môžu byť nebezpečné pre zdravie.

- používať ventiláciu na odsávanie plynov alebo vetranie,
- používať respirátor v prípade absencie predchádzajúceho bodu,
- pri zváraní pozinkovaných, pokadmiovaných a poolovených súčastí uvoľňujúce škodlivé plyny, pary a aerosóly sa musí zabezpečiť odvod splodín z bezprostrednej blízkosti zváraného miesta miestnym odsávaním [11, 12].



Pád prístroja môže taktiež spôsobiť zranenie.

- používať zariadenie s primeranou kapacitou zdvihu,
- nepohybovať sa pod ramenami zariadenia,
- pohybovať sa po vyhradenom mieste [11].

## Záver

Bodové odporové zváranie je technológia zvárania, ktorá sa používa takmer pre všetky známe kovy používané pre bežné aplikácie. Zvar vznikne na rozhraní častí dvoch a viacerých spájaných materiálov pôsobením tepla a tlaku. Teplu vznikne prechodom elektrického prúdu cez odporový materiál a tlak sa vyvíja pomocou klieští.

Pri zváraní musia byť splnené postupy bezpečnosti práce pre minimalizovanie vzniku materiálnych škôd alebo zranení obsluhujúceho personálu. Zdravotné riziká súvisiace s odporovým zváraním sú minimálne, ale môžu však vzniknúť pri zanedbaní ventilácie, lebo pneumatické zväračky produkujú hmlu a pri povlakovaných materiáloch vznikajú zasa nebezpečné aerosóly. Ďalšie riziká predstavujú elektrické časti zariadenia, pretože pri poruche vodného chladenia by voda mohla prísť do kontaktu s primárnym okruhom. Riziko spojené s mechanickým úrazom môže byť zapríčinené pohybom elektród alebo otáčaním robota. Riziko popálením hrozí z priameho dotyku alebo z odstrekujúceho žeravého kovu. Tu sú potrebné osobné ochranné pomôcky, resp. mechanické zábrany na pracovisku.

## PodĎakovanie

Príspevok bol vypracovaný s podporou projektu **VEGA 1/2594/12** s názvom „Výskum metalurgického spájania a ďalších technologických procesov spracovania horčíkových a iných ľahkých zliatin progresívnymi a ekologicky vhodnými technológiami“.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] BLAŠČÍK, F. *Zváranie a zvariteľnosť materiálov*. [online]. [cit. 24.11.2014]. Dostupné na internete: <<http://www.sjf.tuke.sk/inmf/NW/Original/Web/odpor.php>>
- [2] KAŠČÁK, E., VINÁŠ, J. 2008. *Optimalizácia parametrov bodového zvárania karosárskych plechov*. In: Metal 2008. Košice: TU v Košiciach, s. 1
- [3] American National Standards Institute. *Safety in Welding, Cutting and Allied Processes*. [online]. [cit. 24.11.2014]. Dostupné na internete: <[http://www.aws.org/safety/safety/FACTbundle\\_auto.pdf](http://www.aws.org/safety/safety/FACTbundle_auto.pdf)>
- [4] HRIVŇÁK, I. *Zváranie a zvariteľnosť materiálov*. Bratislava: STU, 2009. ISBN 978-227-3167-6.
- [5] KOLEŇÁK, R., ULRICH, K., PROVAZNÍK, M. *Zváracie procesy a zariadenia*. Bratislava: STU, 2011. ISBN 978-80-227-3575-9.
- [6] MARÔNEK, M., BÁRTA, J. *Multimediálny sprievodca technológiou zvárania*. Trnava: AlumniPress, 2008. ISBN 978-80-8096-066-7
- [7] LIPA, M. *Odporové zváranie*. Bratislava: VÚZ, 1995. ISBN 80-88734-13-4
- [8] LIPA, M. *Zváracie metódy a zariadenia*. Bratislava: VÚZ, 2000. ISBN 80-85771-84-5
- [9] BOJNANSKÝ, M. *Bezpečnosť pri práci – zváranie kovov*. [online]. [cit. 25.11.2014]. Dostupné na internete: <<http://www.bozp.anh.sk/index.php?what=2&root=86>>
- [10] BENEVOVÁ, A., PAULÍKOVÁ, A. *Zváracie pracovisko a jeho bezpečnostné a environmentálne charakteristiky*. [online]. [cit. 25.11.2014]. Dostupné na internete: <<http://www.techpark.sk/technika-562011/zvaracie-pracovisko-a-jeho-bezpecnostne-a-environmentalne-charakteristiky.html>>
- [11] Miller Electric Mfg. Co. *Resistance Spot Welding*. [online]. [cit. 25.11.2014]. Dostupné na internete: <<https://www.millerwelds.com/pdf/Resistance.pdf>>
- [12] STN 05 0650. *Bezpečnostné ustanovenia pre odporové zváranie kovov*. Bratislava: VÚZ

## ADRESY AUTOROV

**Maroš VYSKOČ, Ing.**, Materiálovotechnologická fakulta STU so sídlom v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, maros.vyskoc@stuba.sk

**Miroslav SAHUL, Ing. PhD.**, Materiálovotechnologická fakulta STU so sídlom v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, miroslav.sahul@stuba.sk

**Pavel KOVAČÓCY, doc. Dr. Ing.**, Materiálovotechnologická fakulta STU so sídlom v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, pavel.kovacocy@stuba.sk

## RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

*Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.*

## REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

*Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.*