

## **PERSPEKTIVNÍ METODY SPOJOVÁNÍ MATERIÁLŮ – PŘIVAŘOVÁNÍ SVORNÍKŮ**

### **Perspective Methods of Material Joining – Stud Welding**

**Ing. Marie Válová, Ing. Ladislav Kolařík, IWE**

*Abstrakt:* The paper deals with modern progressive joining technology of specific type joins and has as one's task to bring near this method of materials joining to wider public

*Key words:* Stud, Stud Arc Welding, Capacitor Discharge Stud Welding

#### **1. Úvod**

Metoda „přivařování svorníků“ je způsob svařování (resp. přivařování), kdy spolu působí přítlačná síla svařovací pistole v kombinaci s natavením styčné plochy svorníku a základního materiálu elektrickým obloukem (v některých modifikacích i pomocí elektrického odporu nebo tření).

Někdy se také tato metoda označuje dříve používaným výrazem - výbojové svařování. Označení podle současně platné normy ČSN EN ISO 4063 je metoda svařování č. 78 a používaný anglický název je Stud welding.

#### **2. Princip metody**

Technologii svorníkového přivařování je možné velmi zjednodušeně charakterizovat jako přivařování různých kovových komponentů (svorníků = šroubů, kolíků, matic, elektrokontaktů a dalších tvarovaných prvků – viz. obr. č. 1) k základnímu kovovému materiálu. Podstatou je vytvoření svařovacího elektrického oblouku přímo mezi svorníkem a základním materiálem a jejich následné spojení po natavení.

Jde o vysoce progresivní, velmi úspornou metodu svařování, používanou běžně už desítky let v celém hospodářsky vyspělém světě. Vzhledem k obecně malé informovanosti o této metodě jsme se ji rozhodli zařadit i do náplně této konference, především však pro to, že v současné době dochází i v ČR k velkému rozšíření tohoto způsobu spojování materiálu.

Tato metoda byla podle dostupných pramenů poprvé použita v přístavišti Portsmouth v Anglii v roce 1918. Tehdy byl použit jednoduchý a lehký svařovací zdroj, umožňující vsunutí kolíku (svorníku) do hrotu svařovací hlavy, kde buzená magnetická cívka zajišťovala jeho zdvih. Další použití přišlo o pár let později v americké státní loděnici v New Yorku, kde byly na železnou konstrukci letadlové lodi přivařovány šrouby k připevnění dřevěných částí

paluby. To byl začátek obloukového způsobu přivařování svorníků, který se samozřejmě dále vyvíjel a stejně tak se rozšiřovali i možnosti jeho použití.



Obr. 1 Ukázka různých typů svorníků

V tomto příspěvku jsme se zaměřili pouze na nejpoužívanější způsoby přivařování svorníků, které se v praxi v současné době nejčastěji používají:

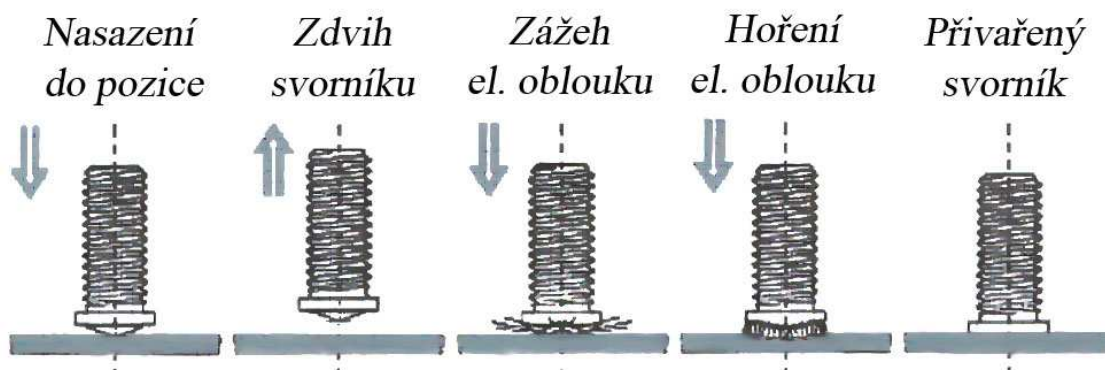
- 1) přivařování svorníků elektrickým obloukem (tzv. zdvihovým zážehem)
- 2) přivařování svorníků kondenzátorovým výbojem (tzv. hrotovým zážehem)

#### ***Přivařování svorníků elektrickým obloukem (stud arc welding):***

Prvně jmenovaný systém můžeme dále rozdělit na metody zdvihového zážehu:

- s krátkým časem
- s použitím ochranné atmosféry
- s použitím ochranných keramických kroužků

Princip metody je patrný z obr. č. 2. Svorník se zaobleným nebo tupým kuželovým koncem se upevní do kleštiny (správného tvaru a průměru) speciální pistole, přiloží se na místo, kde ho chceme připojit a po stisknutí startovacího spínače proběhne celý cyklus svařování automaticky.



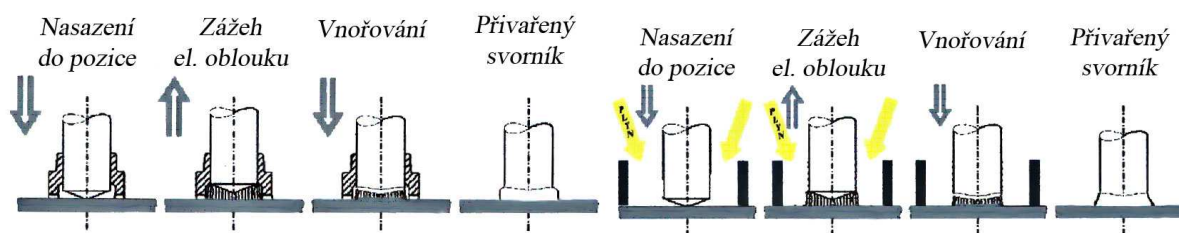
Obr. 2 Princip metody zdvihového zážehu

Proces se zdvihovým zážehem začíná kontaktem svorníku s přilehlým místem svařování na základním materiálu, ve chvíli, kdy je iniciovaný svařovací cyklus. Prívod svařovacího proudu je aplikován do hrotu svorníku a ten je odtahován od svařovaného základního materiálu. Dochází tak k „natáhnutí“ elektrického oblouku a tím k natavení svorníku a přilehlého místa pod ním. Svorník je potom ponořen do roztaveného materiálu a tím je přivařen.

Zkratem svařovacího obvodu a oddálením svorníku od základního materiálu se zapálí elektrický oblouk na takovou dobu, než se dostatečně nataví obě spojované plochy (obvyklý čas je 0,2 až 1 s). Svorník se pak rychle přitlačí k základnímu materiálu, vypne se svařovací proud a tekutý kov ztuhne, čímž se vytvoří svarový spoj.

Aby tekutý kov příliš neoxidoval a nenasytil se dusíkem, je možné elektrický oblouk chránit před okolní vzdušnou atmosférou. To můžeme provádět buď pomocí ochranné atmosféry (většinou argonu či směsi Ar+CO<sub>2</sub>) nebo pomocí keramických kroužků, které jsou určeny na jedno použití a po přivaření svorníku je nutno je odstranit.

Přivařování svorníků zdvihovým zážehem s režimem krátkého času slouží pro přivařování svorníku o průměru 2 – 6 (8) mm na tenké plechy od cca 0,6 do 0,8 mm, většinou pro ocelové materiály. Pokud chceme přivařovat svorníky v průměrovém rozsahu od 2 – 12 mm, je vhodné použít ochrannou atmosféru. Při přivařování svorníků do průměru 25 mm (závitových i speciálních tvarů) je vhodné použít ochranných keramických kroužků, které slouží k obdobným účelům, jako ochranná atmosféra, tedy k formování výrobku a vytlačení okolní vzdušné atmosféry z okolí svaru, aby nevznikala poretita svarového kovu a podkladového (základního) materiálu. Tento systém je obzvláště vhodný pro přivařování svorníků nebo čepů o průměrech 5 až 20 mm, kdy pracovní výkon může být i při ručním přivařování až 10 svorníků za minutu.



Obr. 3 Principy metody s použitím keramického kroužku a ochranného plynu

Hlavní výhodou použití tohoto způsobu přivařování svorníků je, že poskytuje kvalitní svarový spoj s minimálním nebo žádným ovlivněním rubové strany svařovaného základního materiálu.

#### **Přivařování svorníků kondenzátorovým výbojem (capacitor discharge stud welding - CD) :**

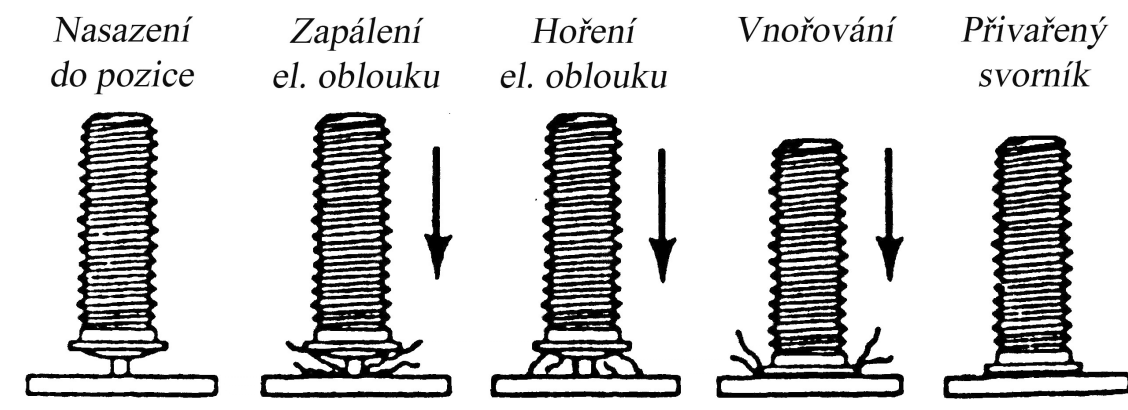
Druhý z uvedených způsobů se od předchozího liší především tím, že na přivařované ploše svorníku je vytvořen výstupek o délce 0,8 až 1 mm (tzv. startovací hrot), kterým se svorník „opírá“ o základní materiál.

V okamžiku sepnutí svařovacího proudu se hrot roztaví, odpaří a tím se zapálí oblouk, který hoří na celé svarové ploše po dobu kratší než 1 ms. Mezitím dosedne svorník na

základní materiál v celém průřezu a vrstva tekutého kovu o tloušťce řádově do 0,1 mm okamžitě ztuhne.

Jako zdroj energie se u tohoto způsobu používá kondenzátorová baterie. Tepelné ovlivnění základního materiálu je tak malé, že lze přivařovat svorníky do M5 na materiály od tloušťky 0,6 mm.

Rozlišujeme několik základních druhů přivařování svorníků touto metodou, z nichž jedna z nejčastěji používaných je metoda s počátečním kontaktem:

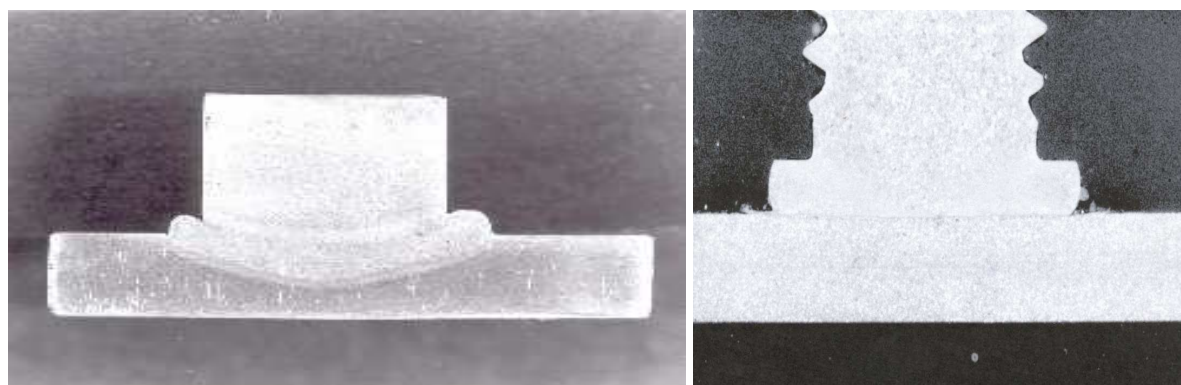


*Obr. 4 Princip metody přivařování s hrotovým zážehem*

V tomto případě proces začíná kontaktem svorníku s povrchem základního materiálu. Svařovací cyklus je iniciován prudkým zvýšením svařovacího proudu, roztavením „startovacího hrotu“ svorníku a přilehlé oblasti základního materiálu s okamžitým kontaktem. Svorník je přitlačeny do svařovaného materiálu a tím se vytvoří pevný a homogenní svar. Tento proces má délku svařovacího cyklu přibližně 6 ms.

Tento proces umožňuje svařovat velmi tenké materiály s dobrými výsledky a je možné svařovat i množství rozličných materiálů a jejich kombinací, např. hliníkové svorníky na pozinkovanou ocel.

Nevýhodou použití tohoto procesu je omezená velikost parametrů a fakt, že místo svaru musí být čisté. Bez okujů, oxidů, mastnoty apod.



*Obr. 5 Metalografické výbrusy přivařených svorníků  
Zdvihovým zážehem                      Hrotovým zážehem*

### 3. Používaná zařízení

Zařízení používaná pro tento proces svařování mohou být buď přenosná, nebo stabilní. Výrobní jednotky, které jsou používány při vyšší produktivitě výroby, mají menší toleranci a požaduje se nízké teplotní ovlivnění rubové strany základního materiálu, automatické podávání svorníků, svařovaných součástí a automatické vyhledávání místa svaru.

Produktivita přenosných zařízení je přibližně 4-6 přivařených svorníků za minutu a u stabilních zařízení může dosahovat 3-20 ks/min.

Příklad používaného přenosného zdroje a přivařovací pistole je na obr. č. 6.



*Obr. 6 Zařízení pro metodu kondenzátorového přivařování svorníků*

### 4. Výhody a nevýhody přivařování svorníků

Ve srovnání s mechanickými spoji nebo zavrtávanými svorníky a i oproti klasickým metodám svařování obdobných aplikací, je u všech modifikací metody přivařování svorníků produktivita práce nesrovnatelně vyšší. Přitom nároky na kvalifikaci a zručnost obsluhy jsou minimální – což však často vede k podceňování této metody svařování resp. nedodržování bezpečnostních i kvalitativních předpisů. Jedná se však o metodu svařování pomocí elektrického oblouku (i když ten hoří po velmi krátký čas) a proto tato metoda spojování materiálu vyžaduje stejný přístup jako jiné metody svařování pomocí elektrického oblouku. Následná automatizace celého procesu (pohybu svařovací pistole i přísunu svorníků) je navíc velmi snadná, což opět velmi významně může zvyšovat produktivitu procesu.

Tato metoda svařování je použitelná pro všechny běžné kovy, jejich slitiny a i většinu jejich kombinací. Je tedy možné kombinovat základní materiály a materiály svorníků (např. Fe – Al apod.) Tavná zóna je cca 0,1 mm, což umožňuje přivařování na základní materiály od tloušťky 0,6 mm, aniž by došlo k zabarvení nebo mechanickému poškození druhé strany materiálu. Z této vlastnosti vyplývá využití v elektrotechnickém průmyslu a všude tam, kde se vyskytuje potřeba zachovat nenarušený vzhled základního materiálu.

Metoda je však použitelná pouze pro konkrétní typický druh spoje přivaření svorníku kolmo na podkladový materiál.

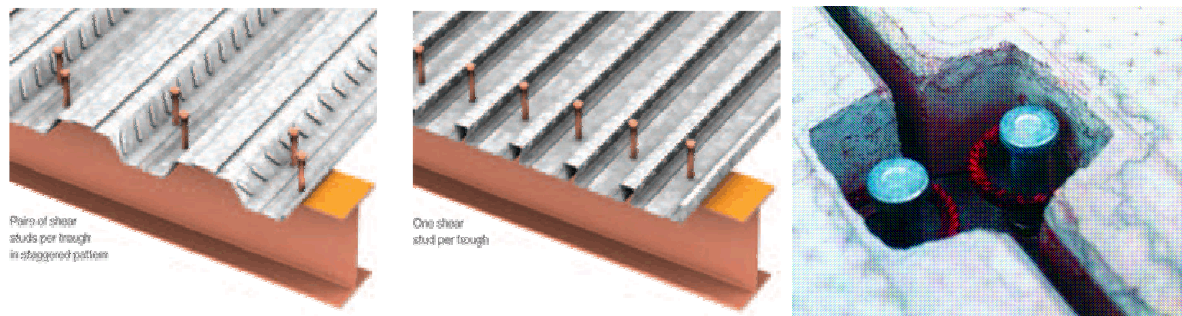
## 5. Použití metody

Jedná se o technologii svařování, která je velice progresivní a v současné době nachází stále větší uplatnění. U řady výrobků je konstrukce řešena tak, že na rám nebo kostru je třeba připevnit buď spojovací elementy (svorníky) nebo čepy. Tento proces má velké uplatnění v rozličných oblastech průmyslu, například v potravinářském, leteckém průmyslu, při výrobě stavebních prvků apod. Široké využití nachází tento způsob spojování i v automobilovém, lodním průmyslu a při výrobě elektrických komponent. Impulsně lze svařovat i tenké drátky na zatavení vakuové průchodky apod.

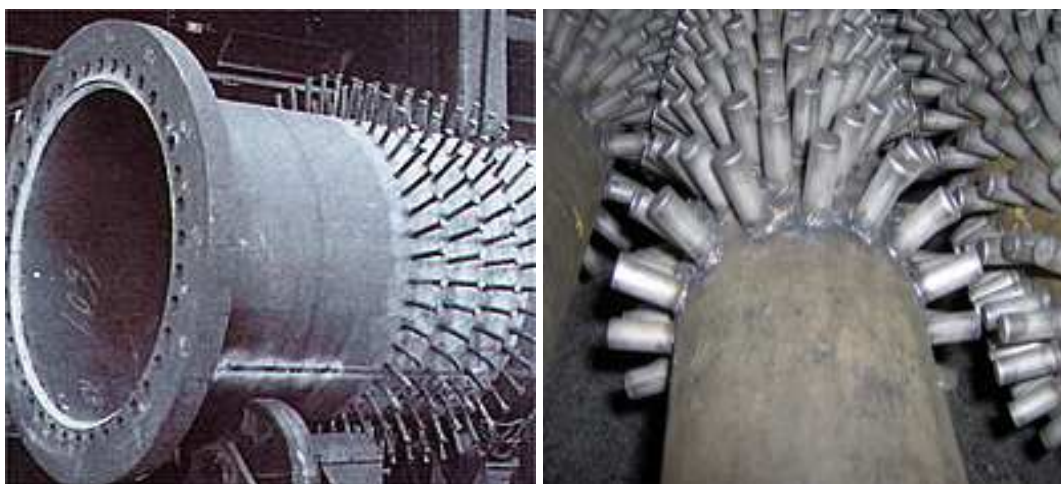
Tento způsob svařování slouží k přivařování závitových svorníků, bezzávitových plochých elektrokontaktů, izolátorských trnů a jiných součástí z oceli (i korozivzdorné), mosazi a hliníku.

Jako příklad je možné uvést skříně rozvaděčů, kostry měřících přístrojů, energetická zařízení, dopravní prostředky, spřažené železobetonové konstrukce apod. (viz. obr. č. 7, 8, 9) Zpravidla se jedná o výrobky pro kusovou nebo malosériovou výrobu, případně o rozměrné a hmotné díly. Výrobní zařízení by proto měla být lehká a mobilní. Stále častěji ale tato metoda svařování nachází uplatnění i v automatických linkách při výrobě velkých sérií rozličných výrobků.

Tento proces se obvykle používá na spoje tloušťek od 0,25 mm až po tloušťku, jakou daná aplikace potřebuje. Svařované materiály mohou být nízkouhlíkové, středněuhlíkové i korozivzdorné oceli, hliník, měď, nikl (ale je možné použít i Ti, Zr, Au, Ag, Pt apod) a jejich slitin.



Obr. 7 Varianty přivařování spřahovacích trnů pro vytvoření spřažené železo-betonové konstrukce.



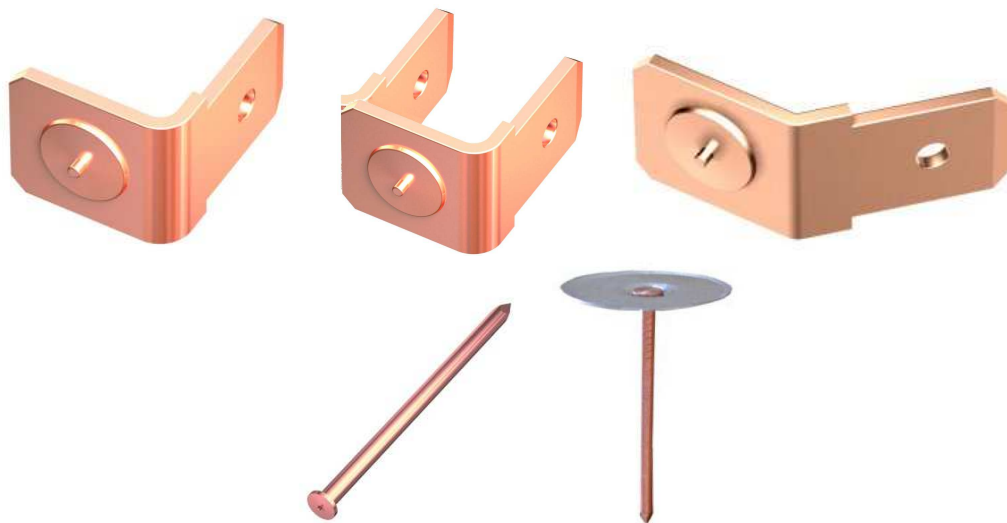
Obr. 8 Příklady použití obloukového přivařování svorníků v energetickém průmyslu



*Obr. 9 Příklad použití přivařování svorníků při výrobě domácích elektrických spotřebičů a přístrojů*



*Obr. 10 Příklad použití přivařování svorníků ve stavebnictví*



Obr. 11 Příklady typů svorníků - elektrokontaktů a izolačních trnů

### **Poděkování**

Příspěvek vznikl pro podporu řešení grantového projektu FRVŠ 1856/2009 a ve spolupráci s fy.Proweld.

### **Literatura**

- [1] Turňa, M.: Špeciálne metódy zvarovania, prednáška na kurzu IWE, ČVUT v Praze, 2008
- [2] Spurný, J.: Optimalizace parametrů při kondenzátorovém přivařování svorníků, diplomová práce, ČVUT v Praze, FS, 2008
- [3] Stewart, J.P.: The Welders Handbook, Reston Publishing Company, Reston, 1981
- [4] Firemní materiály fy. Proweld
- [5] Firemní materiály fy. Köster
- [6] Firemní materiály firmy NIPPON STUD WELDING Co.,Ltd.

### **Kontaktní adresa**

Ústav strojírenské technologie, FS, ČVUT v Praze, Technická 4, 166 07, Praha, Česká republika, +420 224 352 628, marie.valova@fs.cvut.cz