



Spolufinancováno
z programu Evropské unie
Erasmus+



Erasmus+

MODUL N

Svařování elektrickým obloukem pod tavidlem



Svařování elektrickým obloukem pod tavidlem

- Svařování pod tavidlem jev podstatě svařování elektrickým obloukem, který hoří mezi holou elektrodou neomezené délky a svařovaným materiálem pod ochrannou vrstvou tavidla.
- Jedná se většinou o automatizovanou metodu.
- Metoda svařování elektrickým obloukem pod tavidlem je v porovnání se svařováním ruční obalenou elektrodou, příp. svařování TIG nebo MIG/MAG daleko výkonnější, tj. roztaví asi 2 až 5 krát více kovu elektrody.



Výhody

- velký průvar do základního materiálu,
- velká proudová hustota i při tenkých svařovacích drátech,
- zvýšená kvalita svarů,
- možnost zmenšení koutových svarů až o 25 % v porovnání se svařováním ROE.



Nevýhody

- zvýšené nároky na přípravu svarových ploch a jejich čistotu, široká tepelně ovlivněná oblast (někdy je naopak výhodou), skrytý svařovací proces a obtížnost jeho kontroly,
- možnost svařování pouze v polohách PA nebo PB podle ČSN EN ISO 6947,
- obtížné odstraňování strusky u vícevrstvých svarů zejména při svařování do úzké mezery.

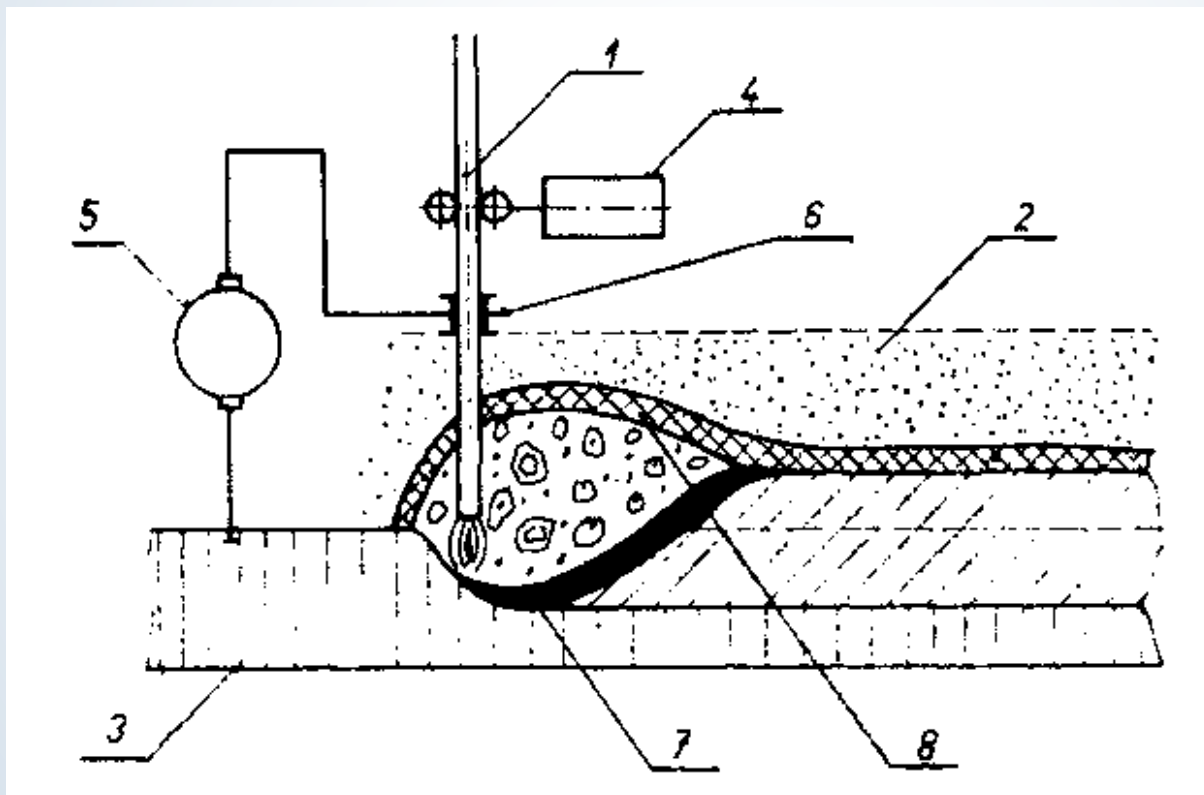


Charakteristika svařování pod tavidlem

- ▶ minimální ekonomická délka svaru: nad 1000 mm (u materiálů velké tloušťky méně),
- ▶ tloušťka svařovaného materiálu: 3 mm až 100 mm i více,
- ▶ svařovací proud 200 A až 2000 A,
- ▶ napětí na oblouku: 20 V až 50 V,
- ▶ svařovací rychlost: 15 m/h až 120 m/h,
- ▶ druh proudu: střídavý i stejnosměrný,
- ▶ průměr přídavného materiálu (drátu): 2,0 mm až 8,0 mm.



Princip svařování pod tavidlem



- 1 – svařovací drát;
- 2 – tavidlo;
- 3 – svařovaný materiál;
- 4 – podavač drátu;
- 5 – zdroj proudu;
- 6 – kontakt;
- 7 – roztavený svarový kov;
- 8 – struska

AMBROŽ, O. A KOL. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. s. 210.



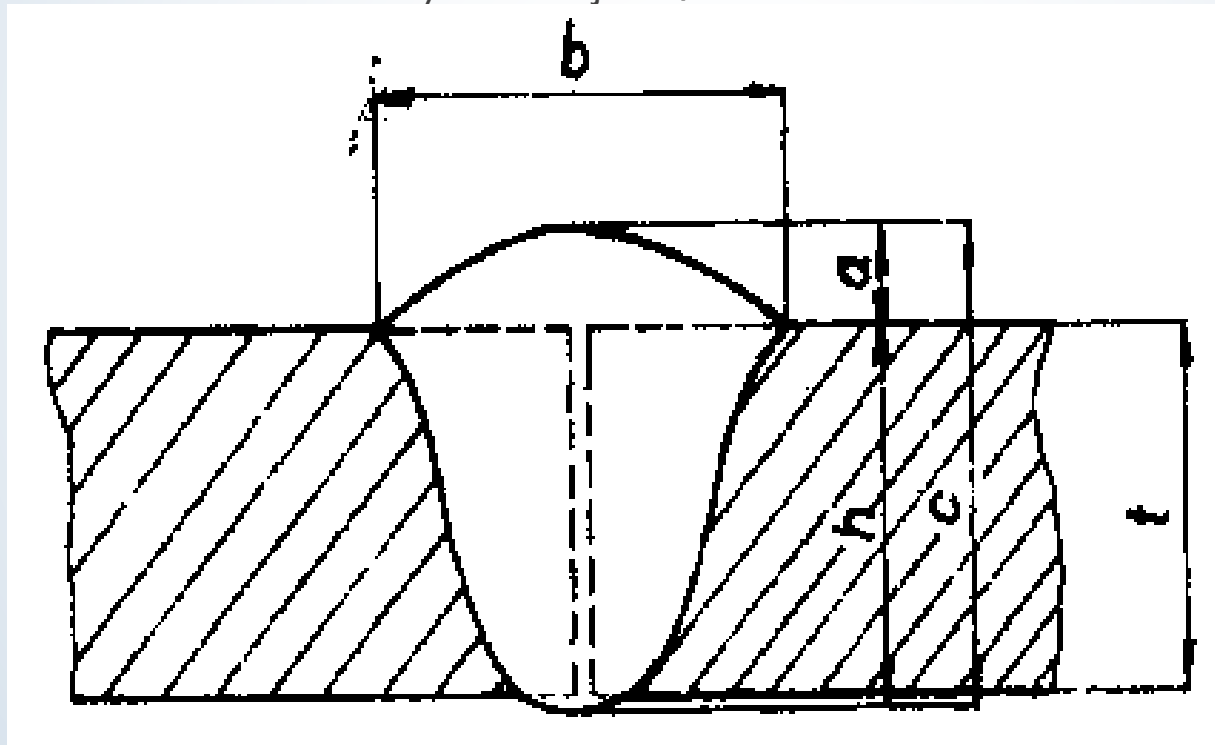
Technologické parametry svařování pod tavidlem

- ▶ Technologické parametry svařování pod tavidlem výrazně ovlivňují tvar příčného řezu svarovou housenkou.



Charakteristické rozměry svaru

► Součinitel formy svaru je b/h



b – šířka svaru,
 a – převýšení svaru,
 h – hloubka provaření, $c = h + a$
– celková výška housenky

AMBROŽ, O. A KOL. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. s. 224.



Charakteristické rozměry svaru

- Mechanické vlastnosti, struktura a chemické složení svarového kovu závisí do značné míry na součiniteli tvaru svaru b/h .
- Hlavní vliv na rozměry a tvar svaru má množství uvolněného tepla v elektrickém oblouku, které je funkcí svařovacího proudu, svařovacího napětí a rychlosti svařování.



Hlavní parametry svařování

- svařovací proud I [A],
- napětí na oblouku U [V],
- rychlost svařování V_s [m/hod].



Vedlejší parametry svařování

- průměr svařovacího drátu [mm],
- sklon elektrody [°],
- sklon základního materiálu [°],
- vyložení svařovacího drátu [mm],
- charakter svařovacího proudu a jeho polarita,
- vlastnosti tavidla.

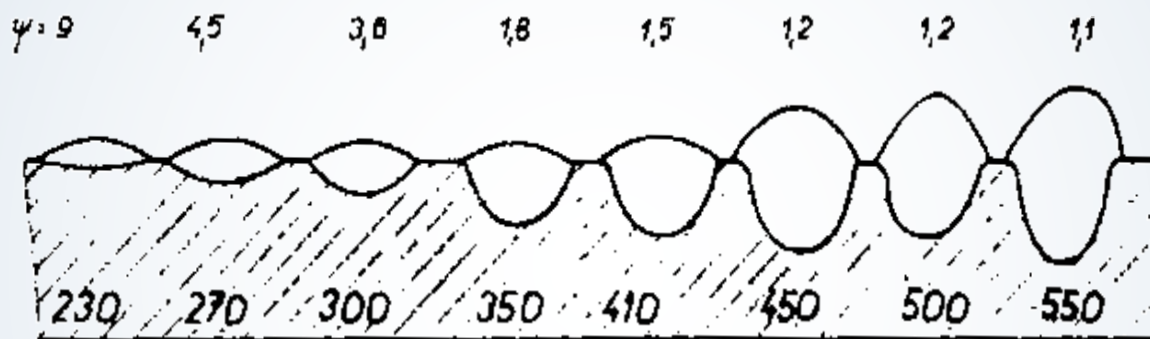


Vliv svařovacího proudu I [A]

- Intenzita svařovacího proudu je přímo závislá na množství nataveného kovu.
- Jejím zvyšováním, při zachování ostatních podmínek, se zvyšuje proudová hustota a koncentrace tepla ve sloupci elektrického oblouku.
- Zároveň se zvyšuje i dynamický účinek elektrického oblouku, proto je průvar do svařovaného materiálu hlubší a součinitel tvaru svaru je menší.
- Jednotlivé průřezy svarů v závislosti na zvyšování intenzity svařovacího proudu jsou následující:



Změna tvaru svaru v závislosti na zvyšování svařovacího proudu



- Zvyšování intenzity proudu má vliv i na tavení přídavného materiálu.
- Se zvyšující intenzitou proudu převýšení housenky narůstá, kdežto šířka housenky zůstává prakticky stejná a s rostoucí intenzitou svařovacího proudu se nemění.
- Hloubka průvaru je proto přímo úměrná svařovacímu proudu.

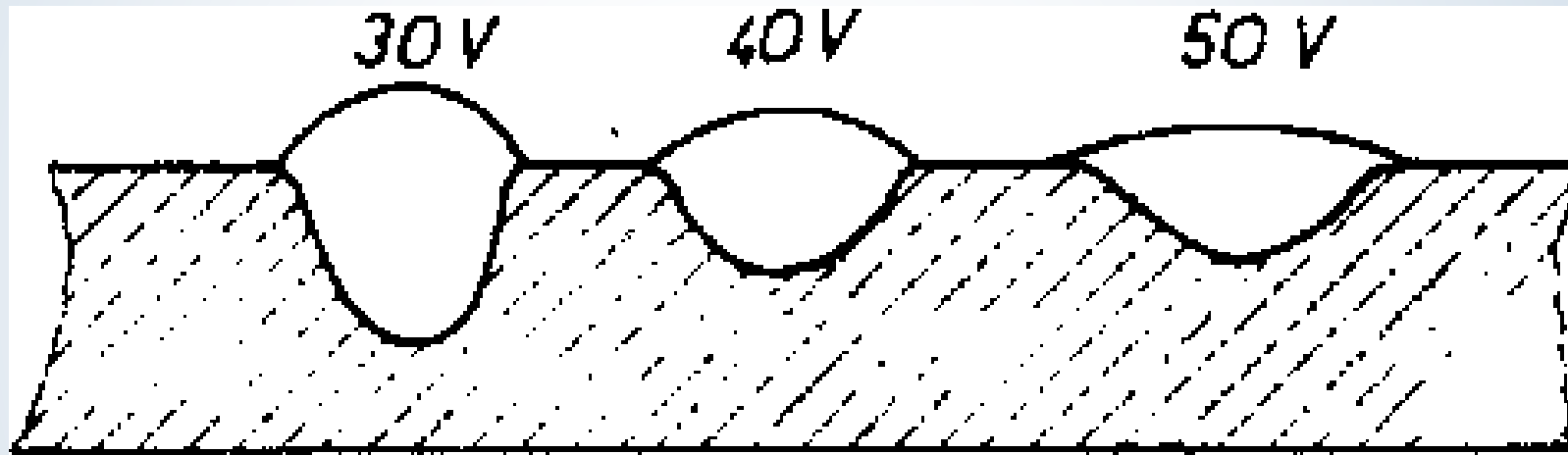


Vliv svařovacího napětí U [V]

- Obloukový sloupec se prodlužuje s tím, jak se zvětšuje napětí, proto teplo, které se vytvoří v oblouku, zahřívá větší plochu svařovaného materiálu, a proto se hloubka protavení zmenšuje a šířka housenky se zvětšuje.
- Svařovací napětí se prakticky určuje v závislosti na velikosti svařovacího proudu vždy tak, aby se dosáhlo vyhovujícího součinitele tvaru svaru.



Vliv velikosti napětí na změnu formy svaru



KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUŠ, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů.* Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011. s. 115.



Vliv rychlosti svařování V_s [m/hod]

- Rychlostí svařování nazýváme postupnou rychlost vytváření svarové housenky.
- Při konstantním svařovacím napětí a svařovacím proudu se se změnou rychlosti svařování mění množství tepla, vyvinuté v elektrickém oblouku připadající na jednotkovou délku svaru.
- Změna rychlosti svařování působí i na změnu směru elektrického oblouku a rozdělení dynamických sil v oblouku (jeho vertikální a horizontální složky).



Vliv rychlosti svařování V_s [m/hod]

- ▶ Při velmi malé rychlosti svařování (do 10 m/hod) elektrický oblouk hoří skoro kolmo, protože horizontální složka dynamické síly, kterou je nejvíce vytlačován tekutý kov spod elektrického oblouku je zanedbatelná, a proto protavení základního materiálu je značné (roste).
- ▶ Dalším zvětšováním rychlosti svařování se začíná naklánět obloukový sloupec a začínají působit složky dynamické síly oblouku tak, že se snižuje protavení základního materiálu a zvětšuje se návar svaru.
- ▶ Při mezních (vysokých) rychlostech svařování mohou vzniknout neprůvary po stranách housenky a svařovací proces probíhá velmi nestabilně.



Zdroje proudu pro svařování pod tavidlem

- Používají se zdroje stejnosměrného i střídavého proudu převážně s plochou charakteristikou.
- Transformátory jsou vhodné pro neutrální a kyselá tavidla nebo vícedrátová svařovací zařízení.
- Pro bazická tavidla je vhodnější stejnosměrný proud s kladným pólem na elektrodě.
- Vzhledem k tomu, že se délka oblouku v průběhu svařování může (např. v důsledku nerovností) měnit, je nutno svařovací proces regulovat tak, aby se výkyvy délky oblouku eliminovaly.



Způsoby regulace

- ▶ regulace plochou charakteristikou svařovacího zdroje (tzv. samoregulace),
- ▶ regulace pomocí Ward – Leonardova soustrojí,
- ▶ automatická elektronická regulace,
- ▶ regulace magnetickými zesilovači.



Návrh svarového spoje

- ▶ Tvar a typ svarového spoje určuje tloušťka svařovaného materiálu, orientačně lze využít normu ČSN EN 29692.
- ▶ Tupé spoje až do tloušťky 15 mm lze svařovat jednostranně, při větších tloušťkách je třeba svařovat z obou stran.
- ▶ Pro velké svařované tloušťky se používá svařování do úzké mezery, které je výhodné zejména proto, že podstatně zkracuje dobu svařování, snižuje spotřebu přídavného materiálu a snižuje napětí a deformace svařence.
- ▶ Pro zachycení sypkého tavidla na začátku svařování a roztaveného svarového kovu a tavidla v jeho průběhu se používá několik typů podložek.



Typy podložek, příp. konstrukčních uspořádání:

- svařování na měděné nebo keramické podložce,
- svařování na technologické nebo ocelové podložce,
- svařování na tavidlové podložce,
- svařování na zámeček,
- svařování s ručně podloženým kořenem.



Přídavné materiály pro svařování

- ▶ Do přídavných materiálů pro svařování pod tavidlem počítáme jak elektrody, tak tavidla.
- ▶ Elektrody jsou ve formě drátů (obvykle o průměru 2 mm až 5 mm, pro spojovací svary nelegovaných a jemnozrnných ocelí, ČSN EN 756), plněných drátů (pro korozivzdorné a tvrdé návary ČSN EN 12 073) nebo jako pásy (pro korozivzdorné návary ČSN EN 12 072) nebo plněné pásy pro tvrdé návary.
- ▶ Vzhledem k tomu, že sortiment normalizovaných drátů pro svařování pod tavidlem (zejména pro svařování legovaných ocelí) je nedostatečný a nestačí krýt potřeby průmyslu, vyrábí se řada drátů, které nejsou normalizovány.



Tavidla

- Uvedena v ČSN EN 760.
- Podle účelu je můžeme rozdělit na tavidla
 - neutrální,
 - aktivní
 - legující



Tavidla

- ▶ neutrální
 - ▶ Jsou určena pro vícevrstvé svařování bez omezení tloušťky s vhodnými typy drátů.
 - ▶ Legující prvky, především Si a Mn jsou přísně omezeny proto, aby chemické složení svarového kovu bylo stejné ve všech vrstvách,
- ▶ aktivní
 - ▶ Dodávají do svarového kovu významný podíl Si jako desoxidantu a Mn jako legujícího prvku.
 - ▶ Používají se především pro jednovrstvé svary,
- ▶ legující
 - ▶ Dodávají do svarového kovu legury (C, Cr, Si, Mn aj.), při použití v kombinaci s nelegovanými dráty.



Dělení tavidel podle výroby

- ▶ tavená – vyráběná v elektrických obloukových pecích (tavidlo vhodné pro nelegované materiály),
- ▶ aglomerovaná (keramická) – vyráběná z práškových složek a pojená vodním sklem. Tavidla s přesně daným chemickým složením vhodná pro legované materiály a pro navařování,
- ▶ sintrovaná – spékaná z práškových složek za působení tlaku. Vhodná pro legované materiály a pro svařování do úzkého úkosu z důvodu dobré odstranitelnosti strusky.



Dělení tavidel podle chemického složení

- Mangan – silikátová (MS), zirkon – silikátová (ZS), rutil – silikátová (RS), kalcium – silikátová (CS) a aluminát – silikátová (AS)
- Aluminát – bazická (AB), aluminát – fluorid – bazická (AF) a aluminát – rutilová (AR)
- Fluorid – bazická (FB)

- Zrnitost tavidel se pohybuje mezi 0,25 mm – 2,5 mm.
- Především aglomerovaná (keramická) a sintrovaná tavidla jsou hygroskopická a musejí se před použitím sušit – 2 hod. při teplotě 300 °C.

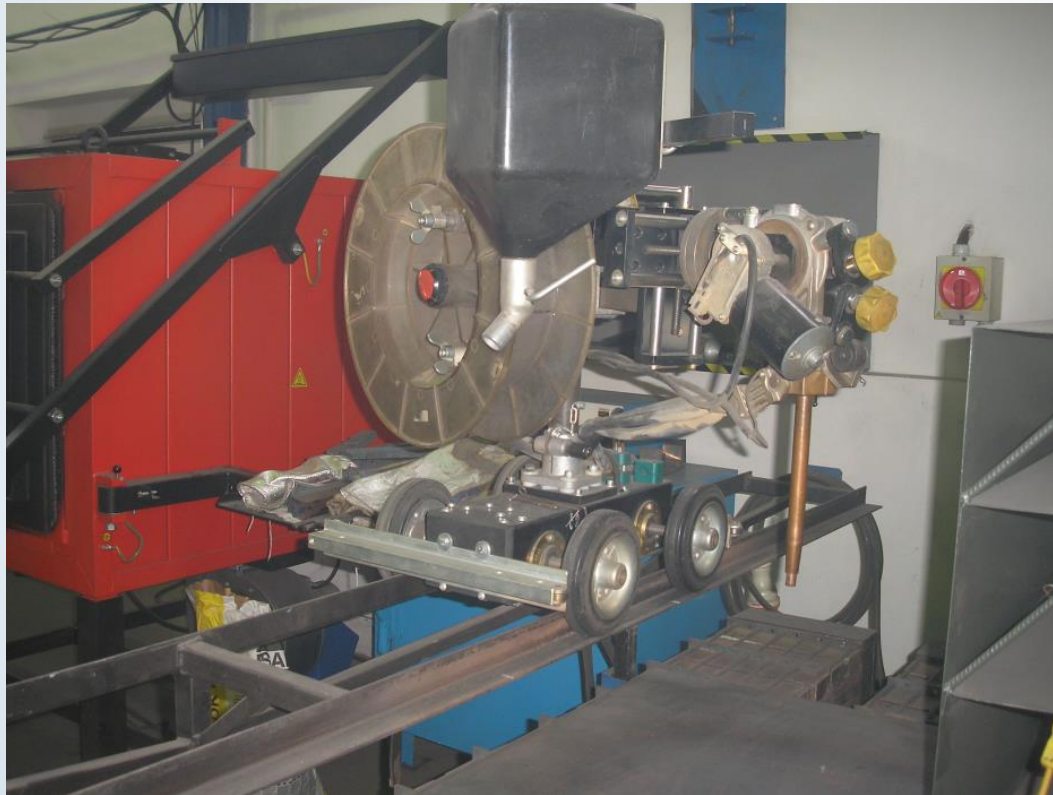


Použití svařování pod tavidlem

- Svařování pod tavidlem je specifický typ svařování, je možno ho použít od malých tlouštěk materiálu až k tloušťkám větším než 50 mm (tam se využívá specifické úpravy ploch pro svařování – svařování do úzkého úkosu).
- Použití tohoto svařování v praxi je velice rozmanité od výroby různých složitých konstrukcí, tlakových nádob až po navařování vysoce legovaných ocelí.



Zařízení pro svařování pod tavidlem





Otázky k zamyšlení

1. Jaký je princip metody svařování pod tavidlem?
2. Od jaké tloušťky se obvykle používá metoda svařování pod tavidlem?
3. Kde se využívá metoda svařování pod tavidlem?
4. Jaké jsou hlavní parametry při svařování pod tavidlem?
5. Co je charakteristické pro svařování pod tavidlem?
6. Které přídatné materiály se používají při svařování pod tavidlem?
7. Jaká tavidla se využívají při svařování pod tavidlem?



Doporučená literatura a informační zdroje

- ▶ AMBROŽ, O. A KOL. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001, 395 s. Svařování. ISBN 80-85771-81-0.
- ▶ BERNASOVÁ, E. A KOL. *Svařování*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1987. ISBN 04-221-88.
- ▶ KUBÍČEK, J. DANĚK, L. KANDUS, B. *Technologie svařování a zařízení. Učební texty pro kurzy svařovacích inženýrů a technologů*. Plzeň: ŠKODA WELDING, s. r. o., 2011, 242 s.