

PARAMETRY, KTERÉ OVLIVŇUJÍ NÁKLADY NA SVAŘOVÁNÍ



Ing. Stanislav Novák, CSc., Ing. Jiří Mráček, Ph.D.
PRVNÍ ŽELEZÁŘSKÁ SPOLEČNOST KLADNO, s. r. o.
E-mail: stano@pzsk.cz

Klíčová slova:

Parametry ovlivňující ekonomiku svařování, náklady na 1 kg odtaveného svarového kovu, výpočet nákladových položek, možnosti zvýšení produktivity svařování.

1. ÚVOD

Vedle výzkumu v oblasti zabezpečení vysoké kvality svarových spojů a jejich mechanických parametrů (např. pevnosti, vrubové houževnatosti, minimalizace vad ve svarových spojích apod.) je pro praktické využití těchto výsledků ve výrobní praxi neméně důležitá ekonomika svařování při provádění kvalitních svarových spojů. V technické praxi se často opakují dotazy na porovnání nákladovosti a produktivity práce jednotlivých metod a technologií svařování, zejména se jedná o porovnání metod 111 (MMA), 131 (MIG)/ 135 (MAG) a 141 (TIG). Proto je podstatný rozbor nákladů a produktivity u jednotlivých metod a jejich srovnání. Hned v úvodu však musíme konstatovat, že parametry, které ovlivňují ekonomiku svařování v podstatné míře závisí na technických podmínkách a charakteru výroby svařenců v každém podniku.

2. NÁKLADY NA ZHOTOVENÍ SVARU

Existuje řada způsobů a ukazatelů pro ekonomické hodnocení svařování. Pro běžnou praxi je nejčastěji používáno kritérium „**Nákladů na 1 kg odtaveného svarového kovu**“. Od tohoto parametru, při znalosti délek jednotlivých typů a velikostí svarů na svařenci, je pak jen malý krok k určení nákladů na svařování určitého výrobku.

Náklady na 1 kg vytaveného kovu tvoří:

1. Mzdové a režijní náklady vztažené na svářeče
2. Náklady na přídatný svařovací materiál
3. Náklady na ochranné plyny, případně tavidla

Výpočet jednotlivých nákladů

2.1. Mzdové a režijní náklady vztažené na svářeče

$$N_1 = \frac{S_{sv}}{G_{tav} \cdot t_{využ}} \quad [\text{Kč/ kg}]$$

kde S_{sv} Hodinová sazba svářeče [Kč/ hod.]

Hodinová sazba je dána mzdovými náklady + odvody z mezd + režijními náklady, běžně se pohybuje 300 až 600 Kč/ hod.; ve výpočtu uvažujeme 500 Kč/ kg

G_{tav} Výkon odtavení při svařování [kg/ hod.]

Výkon odtavení svarového kovu závisí na použité technologii svařování a na použitých parametrech svařování. Níže je uvedena tabulka č. 1 odtaveného kovu pro metodu MIG/ MAG v závislosti na průměru přídatného drátu a rychlosti podávání drátu. Rychlost

podávání drátu se používá z praktických důvodů – nastavení této veličiny na podavači/ zdroji u většiny svařovacích agregátů. Mezi rychlostí podávání drátu [m/ min.] a proudem také existuje závislost (literatura uvádí řadu empirických vzorců pro výpočet).

$t_{využ}$ Časové využití fondu pracovní doby pro svařování = podíl času hoření oblouku z celkové pracovní doby

Jde o individuální parametr výrobního podniku dle charakteru výroby a dle podmínek svařování (robot, manipulátor, polohovadlo ručně řízení, programovatelné polohovadlo, manipulace s jeřábem apod.). V Evropě se tento ukazatel běžně pohybuje takto
Běžné ruční svařování 25 až 30%. Ve výpočtu uvažujeme = 30%.
Svařování robotem = 70 až 80%. Ve výpočtu uvažujeme 77%.

2.2. Náklady na přídatný svařovací materiál

$$N_2 = \frac{C_{sv}}{V_{sv}} \quad [\text{Kč/ kg}]$$

kde C_{sv} Cena přídatného svařovacího materiálu [Kč/ kg.]

Příklady aktuálních cen pro běžný konstrukční materiál:

Metoda MIG/ MAG

$\phi 1,0$, G3Si3 = 34 až 45,- Kč/ kg

$\phi 1,2$, G3Si3 = 29 až 34,- Kč/ kg

$\phi 1,6$ plněná elektroda 90 až 160 Kč/ kg.

Metoda MMA:

$\phi 3,2$, E 42 4 B 4 2 H10 (= E-B 124/ ESAB nebo Böhler FOX EV 50) dle EN 499 = 45,- až 55,- Kč/ kg

V_{sv} Využití přídatného materiálu = podíl přeměny ve svarový kov [%]

Závisí na použité technologii.

Např. u metody 111/ MMA = ~70% (část elektrody není využita)

u 131, 135/ MIG, MAG = ~90% (rozstřík svarového kovu)

2.3. Náklady na ochranné plyny, případně tavidla

$$N_3 = \frac{Q_{plyn} \cdot C_{plyn}}{G_{tav}} \quad [\text{Kč/ kg}]$$

kde Q_{plyn} Průměrné množství ochranného plynu [l/ hod.]

Běžné hodnoty 10 až 15 l/ min.; ve výpočtu uvažujeme 15 l/ min. = 900 l/ hod.

C_{plyn} Cena ochranného plynu [Kč/ litr]

Při kalkulaci ceny je nutné brát v úvahu i náklady na pronájem lahví.

Běžná cena pro svářečskou firmu, např. směsný plyn = cca 1480,

Kč (50 litrová láhev/ tlak 300 bar, to je zisk 17,3 m³).

Pro směsný plyn uvažujeme běžně cenu = 85 Kč/ m³ (včetně pronájmu za láhev a ADR).

Pro potřeby výpočtu pak dosazujeme cenu $C_{plyn} = 1480/ 17\ 300 = 0,086$ Kč/ litr

V praxi se cena za ochranný plyn pohybuje kolem 3 až 5 % z celkové ceny za odtavený svarový kov. Cena plynu může být nižší při použití rozvodů směsného plynu.

G_{tav} Výkon odtavení při svařování [kg/ hod.]

Celkové náklady na 1 kg odtaveného svarového kovu

$$N = N_1 + N_2 + N_3 \quad [\text{Kč/ kg}]$$

Tabulka 1. odtaveného svarového kovu pro metody MIG/ MAG

Rychlost posuvu drátu [m/ min.]	Odtavené množství („výkon odtavení“) svarového kovu [kg/ hod.] v závislosti na průměru drátu [mm]			
	φ0,8	φ1,0	φ1,2	φ1,6
1	0,24	0,37	0,53	0,94
3	0,71	1,10	1,59	2,82
5	1,18	1,84	2,65	4,70
5,5	1,29	2,02	2,91	5,17
7	1,65	2,57	3,70	6,58
9	2,12	3,31	4,76	8,46
11	2,59	4,04	5,82	10,35
12	2,82	4,41	6,35	11,29
13	3,06	4,78	6,88	12,23
15	3,53	5,51	7,94	14,11
17	4,00	6,25	8,99	15,99
18	4,23	6,61	9,52	16,93
19	4,47	6,98	10,05	17,87
20	4,70	7,35	10,58	18,81
21	4,94	7,71	11,11	19,78
23	5,41	8,45	12,17	21,63
25	5,88	9,18	13,23	23,51
27	6,35	9,92	14,28	25,39
29	6,82	10,65	15,34	27,27
30	7,05	11,02	15,87	28,21
31	7,29	11,39	16,40	29,16
33	7,76	12,12	17,46	31,04
35	8,23	12,86	18,52	32,92
37	8,70	13,59	19,57	38,80
39	9,17	14,33	20,63	36,68
40	9,40	14,70	21,16	37,62
41	9,64	15,06	21,69	38,56
43	10,11	15,80	22,75	40,44
45	10,58	16,53	23,81	42,32
47	11,05	17,27	24,86	44,20
49	11,52	18,00	25,92	46,08
50	11,76	18,37	26,45	47,02

3. PŘÍKLADY VÝPOČTU NÁKLADŮ NA 1 KG ODTAVENÉHO SVAROVÉHO KOVU

V tabulce 2 jsou uvedeny příklady výpočtu Nákladů na 1 kg odtaveného kovu pro metody MIG/ MAG/ MMA.

Pro výpočet jsou použity běžné parametry svařování i parametry tzv. rychlostního svařování, použity jsou ceny k 01/ 2011:

- Příklad 1. Ruční svařování obalenou elektrodou, cena za elektrodu E-B 124/ ESAB
- Příklad 2. Ruční svařování metodou MAG běžným drátem G3Si1, φ1,2 mm
- Příklad 3. Ruční svařování metodou MAG s vysokou rychlostí podávání drátu v = 18 až 22 m/ s., běžným drátem G3Si1, φ1,0 mm
- Příklad 4. Ruční svařování metodou MAG plněnou elektrodou s kovovou náplní;
- Příklad 5. Automatizované svařování metodou MAG robotem a použitím běžného drátu G3Si1 (s velkoobjemovým balením typu MARATHON/ ESAB); φ1,0 mm

Tabulka 2. Příklady výpočtu Nákladů na 1 kg odtaveného kovu pro metody MIG/ MAG/ MMA

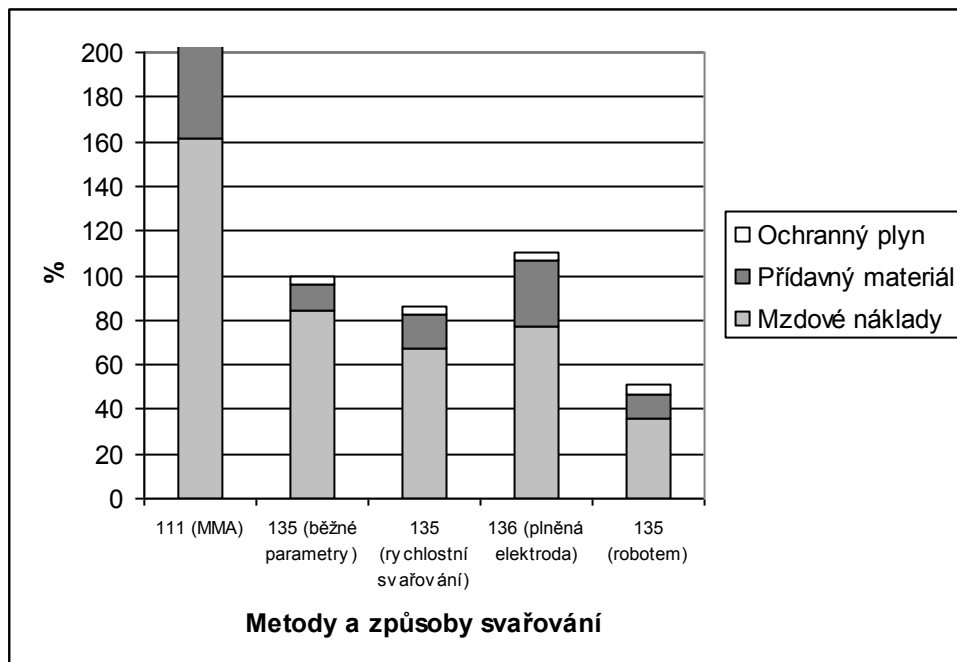
Příkl.	Metoda	S_{sv}	G_{tav}	$t_{využ}$	N_1	C_{sv}	V_{sv}	N_2	Q_{plyn}	C_{plyn}	N_3	N
		[Kč/hod.]	[kg/hod.]	[%]	[Kč/kg]	[Kč/kg]	[%]	[Kč/kg]	[litr/hod.]	[Kč/litr]	[Kč/kg]	
1.	111 manual	500	3,1	0,3	537,6	104,6	0,7	149,4	0,0	0	0	687,1
2.	135 manual	500	5,9	0,3	282,5	36,5	0,9	40,6	900,0	0,086	13,1	336,2
3.	135 man./VR	500	7,4	0,3	225,2	45	0,9	50,0	900,0	0,086	10,5	285,7
4.	136 manual	500	6,5	0,3	256,4	90	0,9	100,0	900,0	0,086	11,9	368,3
5.	135 robot	500	5,4	0,77	120,3	34	0,9	37,8	900,0	0,086	14,3	172,4

Tabulka 3. Podíl nákladů N_1 , N_2 a N_3 na celkové ceně na kg odtaveného kovu

Příklad	Metoda	N_1	N_2	N_3
		[% z N]	[% z N]	[% z N]
1.	111 manual	78,3	21,7	0
2.	135 manual	84,7	11,3	3,94
3.	135 man./VR	78,8	17,5	3,66
4.	136 manual	69,6	27,2	3,23
5.	135 robot	70,7	20,9	8,42

Relativní porovnání nákladů na 1 kg odtaveného kovu výše uvedených příkladů je uvedeno v grafu 1, za 100% jsou brány náklady metody 135 (MAG)-manuální provedení.

Graf 1



4. MOŽNOSTI ZVÝŠENÍ PRODUKTIVITY

Uvedené výsledky (Graf 1) výrazně ovlivňuje charakter výroby daného podniku a technické podmínky, které jsou individuální pro každý podnik.

Na první pohled je patrné proč z důvodů vyšších nákladů a nižší produktivity práce se postupně upouští od metody svařování obalenou elektrodou. Metoda 111 však má a

bude mít své nezastupitelné místo zejména na montážích a při svařování náročných a speciálních svarových spojů a návarů.

Ekonomicky příznivé výsledky vykazuje **tzv. rychlostní svařování**, které patří k „hitům“ posledních dvou let v oblasti svařování běžných, ale i jemnozrnných, pevnostních materiálů metodou MIG/ MAG. Metoda spočívá ve svařování menším průměrem drátu ($\phi 0,8$ a $\phi 1,0$) a použití vysoké rychlosti podávání drátu, běžně $v_{dr} = 18$ až 22 m/ s. Touto metodou nejenom, že se dosáhne vyššího výkonu odtavení přídavného materiálu, ale také vysoké kvality svarového spoje. Vyšší výkon odtavení má pak přímý dopad i na ekonomiku svařování, to je zejména cenu za běžný metr svaru.

Protože přesné porovnání jednotlivých metod a způsobů svařování je obtížné a může být zatíženo velkými chybami je zpravidla výhodné porovnat rychlosti svařování a množství odtaveného kovu za daných parametrů svařování.

K porovnání rozdílů nejvíce používaných způsobů **svařování metodou MAG (135)** jsou uvedeny výsledky provedených zkušebních svarů (zkoušky byly provedeny na plechu běžné konstrukční oceli S235JR) :

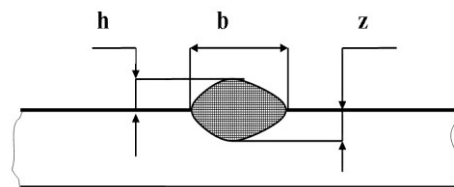
- 1) **Zkrat - běžná rychlost svařování (135A, 25V)**
PM: G3Si1 + M21; $\phi 1,2$
- 2) **Sprcha - běžná rychlost svařování (273A, 33V)**
PM: G3Si1 + M21; $\phi 1,2$
- 3) **Zkrat až přechodová obl.- puls, běžná rychlost svařování (200A, 29,5 V)**
PM: G3Si1 + M21; $\phi 1,2$
- 4) **Zkrat až přechodová oblouk - $v = 20$ m/ s -rychlost podávání drátu (260A 35,7V)**
PM: G3Si1 + M21; $\phi 1,0$

Tabulka 4. uvádí naměřené geometrické parametry svarů.

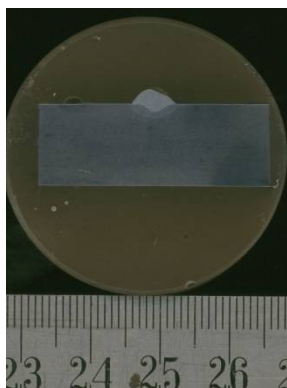
Z makra svarů - obr. 1a až 1d jsou patrné rozdíly geometrie svarové housenky i množství odtaveného kovu. Uvedená makra v zásadě potvrzují rozdíly v množství odtaveného kovu a tím i náklady na 1 kg odtaveného svarového kovu uvedené v tabulce 5.

Tabulka 4. Střední hodnoty rozměry svarů a vnesené teplo

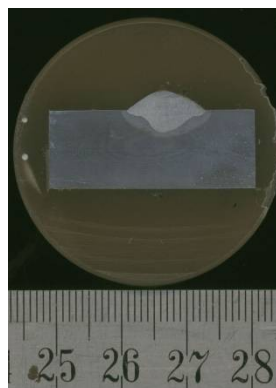
Svar	Šířka b [mm]	Převýšení svaru h [mm]	Závar svaru z [mm]	Vnesené teplo Q [kJ/ mm]
1	6,26	2,07	1,25	0,287
2	12,08	2,95	3,39	0,835
3	9,72	2,51	2,29	0,502
4	14,08	2,59	3,74	0,97



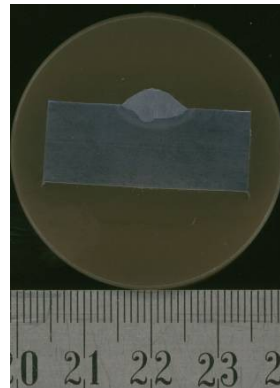
Obr. 1a – Svar 1



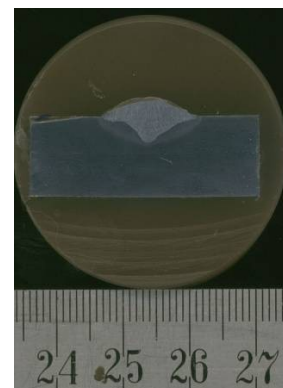
Obr. 2b – Svar 2



Obr. 2c – Svar 3



Obr. 3d – Svar 4



Produktivitu svařování ovlivňují i další faktory:

- **volba parametrů svařování;** zejména sprchový přenos svarového kovu výrazně zvyšuje množství odtaveného svarového kovu, svařování pulsním proudem je zvláštní formou bez zkratového přenosu kovu, parametry svařování pulsním proudem překrývají oblast zkratového i sprchového přenosu
- **ochranný plyn;** příznivější výsledky jsou dosahovány směsnými plyny proti CO₂; třetí složka ochranného plynu zpravidla kyslík zvyšuje průvar, snižuje rozstřík (tím v zásadě šetří spotřebu drátu) a zvyšuje postupovou rychlost
- **použití plněných elektrod,** zejména s kovovou náplní; v praxi plněná elektroda s kovovou náplní často nahrazuje plný drát, zvláště tam kde je nutné svařovat s vysokou produktivitou a dobrou kvalitou svaru. Výhodou jsou také dobré vlastnosti při svařování v různých polohách a při svařování tenkých plechů nebo při svařování kvalitních kořenových svarů jako náhrady svařování metodou TIG/141. I přes chybějící strusku dosahuje tento tip přídatného materiálu dobrou jakost svaru, která je specifická pro plněnou elektrodu. Výjimku tvoří jeho náchylnost k tvoření pórů při překročení dovolené hodnoty výletu drátu, ale tato vada se vyskytuje i u plného drátu, kdy svarová lázeň není dostatečně chráněna ochranným plynem.
- **robotizace a automatizace svařování** může přimést značné úspory; zpravidla automatizace přináší vyšší postupovou rychlost, podstatně vyšší využití pracovní doby, to je podstatné prodloužení doby hoření oblouku a snížení přípravných časů pro svařování.

Příspěvek vznikl při řešení projektu programu TIP MPO ČR, ID projektu FR-TI1/240

„Výzkum a vývoj technologie svařování ocelí pro tepelně namáhaná průmyslová zařízení metodou TIG, MIG“

Kontaktní adresa autorů:

<i>Jméno:</i>	Ing. Stanislav Novák, CSc. & Ing. Jiří Mráček, Ph.D.	
<i>Pracoviště :</i>	První železářská společnost Kladno, s. r. o.	
<i>Adresa pro korespondenci :</i>	Huťská 160, CZ - 272 01 Kladno	
<i>E-mail :</i>	stano@pzsk.cz; stano.cz@worldonline.cz;	
<i>Fax:</i>	+420 312 268 262	Telefon: +420 311 235 208