

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

<i>Předmět:</i> STAVBA A PROVOZ STROJŮ	<i>Ročník:</i> DRUHÝ	<i>Vytvořil:</i> GARSTKA A.	<i>Datum:</i> 28.6.2013
<i>Název zpracovaného celku:</i> SVAROVÉ SPOJE			

Svarové spoje

Obecný úvod

Při svařování dvou dílů se jejich materiály spojí ve struktuře rovnocenné se strukturou samotných dílů, tedy dojde k homogennímu látkovému spojení. Přitom je nutné přivést oba díly v místě svaru do plastického nebo tekutého stavu zahřátím. Zahřátí se provádí mnoha způsoby:

- elektrickým obloukem
- průchodem elektrického proudu (elektrickým odporem)
- laserovým paprskem
- elektronovým paprskem
- plamenem
- plazmovým hořákem
- vzájemným třením

Při většině svařovacích postupů musí být mezera mezi svařovanými díly vyplněna dalším materiálem podobného složení, jako tyto díly.

Svary jsou nerozebíratelné spoje materiálovým stykem.

Pro své vlastnosti se svařování široce používá v mnoha průmyslových odvětvích.





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Výhody svařování

- možnost dosažení libovolného tvaru svařence při menší hmotnosti proti odlitkům
- nejsou potřeba další spojovací díly, takže nedojde k zvětšení průřezu v místě styku
- únosnost spoje je často stejná, jako navazujících dílů
- těsnost spoje
- produktivita výroby a možnost automatizace
- levná i kusová výroba svařenců
- v porovnání s nýtováním bezhlučnost

Nevýhody svařování

- změny struktury (tepelné ovlivnění) materiálu
- tepelné dilatace při svařování vedou k deformacím a prnutím
- některé materiály nelze svařovat
- v některých případech tuhost a nepoddajnost spoje
- svařence mají proti odlitkům menší tlumicí schopnost díky odhmotnění
- nároky na kvalifikaci svářečů
- většinou je nutná úprava stykových ploch

Rozdělení svařovacích metod

Podle stavu materiálu v okamžiku svaření

- svařování tavné – materiál je v místě svaru tekutý
- svařování tlakové – materiál je v místě svaru uveden ohřevem do těstovitého stavu a stlačen

Podle svařovaných materiálů

- svařování kovů
- svařování plastů

Podle účelu

- spojování dílů
- nanášení materiálu

Podle automatizace postupu

- svařování ruční
- svařování automatem

Podle technologie (metody podle ČSN ISO 4063)

- obloukové svařování (ruční, v ochranné atmosféře, v aktivní atmosféře, pod tavidlem)
- tlakové svařování (ultrazvukové, třením)
- paprskové svařování (elektronové, laserové)
- odporové svařování (bodové, výstupkové, švové, odtavovací stykové)
- plamenové svařování (kyslík-acetylenem, kyslík-propanem)
- ostatní svařování (aluminotermické, indukční aj.)

Konstrukční zásady pro tvorbu svařenců

Svařitelnost materiálů je kromě jejich vlastností podmíněna zejména druhem svařování. Tavná svařitelnost nejběžnějšího konstrukčního materiálu – oceli je dána obsahem uhlíku do 0,25%, nad 0,50% se svařování nedoporučuje. V materiálových listech ocelí se rozlišuje svařitelnost zaručená, dobrá nebo obtížná. K nejběžnějším materiálům pro svařování patří oceli 11343, 11373, 11523.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tavná svařitelnost – výběr

Trída oceli	Zaručená	Dobrá	Obtížná	Nedoporučuje se
Oceli	10	10 060 10 370		
11	11 300 11 320 11 342 11 425 11 453 11 481	11 343 11 373 11 523	11 500 11 550 11 600 11 650 11 700	11 110 11 120 11 140
12				
13				
14				
15				
16				
17				
19				
25				
26				
27				
29				

¹⁾ Podmíněně zaručená.

²⁾ U ocelí, které se vyskytují ve více sloupcích se svařitelnost a přibývající tloušťkou materiálu zhoršuje.

Svařitelnost neželezných kovů

ČSN	plamenem	Tavná svařitelnost	stykové	bodové a švové
		elektrodou – obloukem		
		obalenou	uhlíkovou	v ochranném plynu
Těžké kovy	42 3001	podmíněná	–	–
42 3003	velmi dobrá	–	–	dobrá
42 3004	velmi dobrá	–	–	dobrá
42 3005	podmíněná	–	–	dobrá
42 3009	velmi dobrá	–	–	velmi dobrá
42 3013 až 18	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 3042 až 47	velmi obtížná	dobrá	dobrá	dobrá
42 3053	dobrá	–	dobrá	dobrá
42 3064	dobrá	–	dobrá	dobrá
42 3065	dobrá	–	dobrá	dobrá
42 3200 až 10	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 3212	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 3213	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 3214	velmi obtížná	nelze	nelze	obtížná
42 3220	dobrá	dobrá	–	obtížná
42 3221 až 37	velmi obtížná	nelze	nelze	obtížná
42 3239	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 3256	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 3326	nesvařitelná	nesvařitelná	–	nesvařitelná
ČSN	Plamen a uhlíková elektroda	Obalená elektroda	Ochranný plyn	Pod tavídelm
Lehké kovy	42 4002	velmi dobrá	–	dobrá
42 4004 a 05	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 4103 až 06	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 4201 a 03	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 4222	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 4250 až 53	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 4254	špatná	špatná	špatná	špatná
42 4330	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 4331	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 4400	velmi dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá	dobrá
42 4415	dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
42 4452	velmi dobrá	dobrá	velmi dobrá	dobrá

¹⁾ Podmíněně zaručená.

²⁾ U ocelí, které se vyskytují ve více sloupcích se svařitelnost s příbývající tloušťkou materiálu zhoršuje.

Velkým problémem při svařování jsou tepelná pnutí a deformace. Z tohoto důvodu se u přesných výrobků provádí finální opracování až po svaření, případně se svařenec před obráběním žihá. Orientační tolerance rozměrů a přídávky na opracování viz následující tabulky:

MEZNÍ ÚCHYLKY SVAŘENCŮ A PŘÍDAVKY NA JEJICH OBRÁBĚNÍ

Výběr z ČSN 05 0235
Účinnost od 1. 10. 1978

Zařazení do stupňů přesnosti se volí podle jejich tvaru a složitosti.

Stupně přesnosti svařenců

Stupně	Charakteristika
1	Jednoduché svařence z předem obrobených dílů svařených v přípravku, větší série. Množství svařového tvaru < 1 % hmotnosti konstrukce
2	Složitě svařence pro třískové obrábění, menší série nebo kusová výroba. Množství svařového tvaru < 1 % hmotnosti konstrukce
3	Svařence s většími přípustnými odchylkami od jmenovitého tvaru a rozměru, svařence obráběné a kusové vyráběné prototypy. Množství svařového tvaru > 2 % hmotnosti konstrukce

Mezní úchylky a tolerance rozměrů svařenců

Rozměry v mm

Jmenovitý rozměr		Stupně přesnosti					
nad	do	1		2		3	
		mezní úchylka	tolerance	mezní úchylka	tolerance	mezní úchylka	tolerance
		±1	2	±2	4	±4	8
200	500	±2	4	±3	6	±5	10
500	1 000	±3	6	±5	10	±8	16
1 000	2 000	±4	8	±6	12	±12	24

Mezní úchylky polohy a tvaru viz též ČSN 05 0235.

Jmenovitý přírůstek p (mm) na obrobené plochy stupně přesnosti 2

Rozměry v mm

Základní rozměr		Směrodatný rozměr s			
nad	do	nad do 100	100 500	500 1 000	1 000 2 000
80	315	3	4	4	4
315	800	4	4	5	5
800	1 200	5	6	7	7
1 200	2 000	6	7	8	8

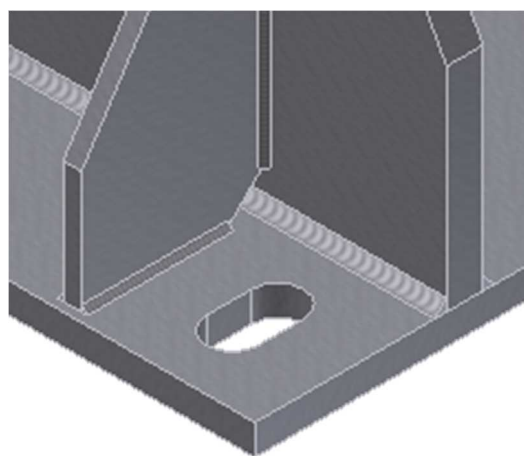
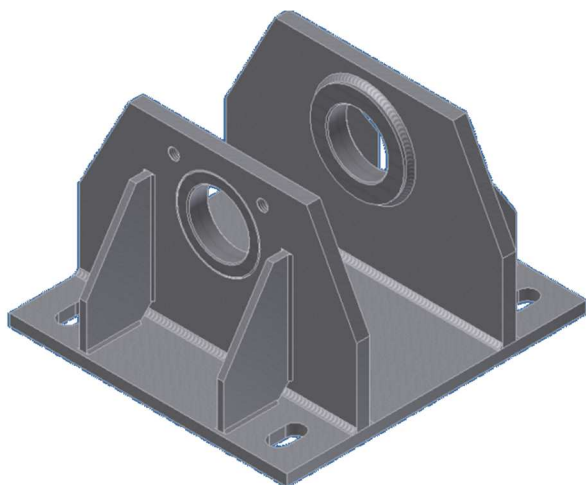
Vnější válcová plocha – průměr neobrobené části svařence je o 2p větší než jmenovitý průměr obrobené plochy.
Vnitřní válcová plocha – průměr neobrobené části svařence je o 3p větší než příslušný jmenovitý rozměr obrobené plochy.

Při volbě přídávky je třeba vycházet z mezních úchylek rozměrů.

Pro svařence stupně přesnosti 2, lze p zmenšit o 30 %, svařence stupně přesnosti 3 nejsou určeny pro obrábění na min.

Vzhledem k vnitřnímu pnutí je nutno navrhovat co nejmenší a co nejkratší svary, dlouhé svary provádět jako přerušované. Zvláště nevhodné je křížení a hromadění svarů na jednom místě. Typické připojení žebíř viz obrázky:

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Tvary a rozměry svarových ploch

V následujících tabulkách jsou uvedeny osvědčené tvary a rozměry pro přípravu svarových ploch. Tyto platí pro všechny druhy ocelí a pro následující metody svařování:

- 3 - svařování plamenem
- 111 - ruční obloukové svařování obalenou elektrodou
- 131 - obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu (metoda MIG)
- 135 - obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu (metoda MAG)
- 141 - obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu

Tupé jednostranné svary:

Tvary svarových ploch pro tupé, jednostranné svary

Rozměry v mm

Číslo	Tloušťka materiálu t	Pojmenování svaru	Značka (podle ISO 2553)	Zobrazení	Řez	Rozměry				Doporučená metoda svařování ²⁾ (podle ČSN EN 24063)	Poznámka
						Úhel ¹⁾ α, β	Mezera b	Otupení c	Výška úkosu h		
1.1	$t \leq 2$	Lemový svar				—	—	—	—	3 111 141 131 135	Většinou bez přídavného materiálu
1.2	$t \leq 4$	1-svar				—	$b \approx t$	—	—	3 111 141	—
	$3 < t \leq 8$					—	$6 \leq b \leq 8$	—	—	131 135 141 ³⁾	S podložkou
1.3	$3 \leq t \leq 10$	V-svar				$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$b \leq 4$	$c \leq 2$	—	3 ⁴⁾	Případně s podložkou
1.14	$t > 16$	V-svar s podložkou				$5^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$	$5 \leq b \leq 15$	—	—	111 131 135	S podložkou

Pokračování

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pokračování

Rozměry v mm

Číslo	Svar				Řez	Tvar svarové plochy				Doporučená metoda svarování ²⁾ (podle ČSN EN 24063)	Poznámka
	Tloušťka materiálu t	Pojmeno- vání svaru	Značka (podle ISO 2553)	Zobrazení		Úhel ¹⁾ α, β	Mezera b	Otupení c	Výška úkosu h		
1.5	$5 \leq t \leq 40$	Y-svar	Y			$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$2 \leq c \leq 4$	—	111 131 135 141	—
1.3.7	$t > 12$	U-svar na V-svar v kořeni				$60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ $8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	—	$h \approx 4$	111 131 135 141	$R = 6$ až 9
1.3.3	$t > 12$	V-svar na V-svar v kořeni				$70^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ $10^\circ \leq \beta \leq 15^\circ$	$2 \leq b \leq 4$	≈ 3	—	111 131 135 141	—
1.7	$t > 12$	U-svar	U			$8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$c \leq 3$	—	111 131 135 141	—

Pokračování

Dokončení

Rozměry v mm

Číslo	Svar				Řez	Tvar svarové plochy				Doporučená metoda svarování ²⁾ (podle ČSN EN 24063)	Poznámka
	Tloušťka materiálu t	Pojmeno- vání svaru	Značka (podle ISO 2553)	Zobrazení		Úhel ¹⁾ α, β	Mezera b	Otupení c	Výška úkosu h		
1.4	$3 < t \leq 10$	$\frac{1}{2}$ V-svar	V			$35^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$	$2 \leq b \leq 4$	$1 \leq c \leq 2$	—	111 131 135 141	—
1.15	$t > 16$	$\frac{1}{2}$ V-svar s podložkou	LL			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$6 \leq b \leq 12$ $b \approx 12$	—	—	111 131 135	S podložkou
1.8	$t > 16$	$\frac{1}{2}$ U-svar	U			$10^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$	$2 \leq b \leq 4$	$1 \leq c \leq 2$	—	111 131 135 141 ³⁾	—

¹⁾ Pro svařování v pozici PC podle ISO 6947 (příčný svar) může být úhel větší a nebo nesymetrický.

²⁾ Udané rozměry platí pro stav po sestehování.

³⁾ Odkaz na metodu svařování neznámá, že je použitelná pro celý rozsah tloušťek materiálu.

⁴⁾ Ve zvláštních případech je použitelné i pro metody 111, 131, 135, 141.

⁵⁾ Značka není ještě normalizovaná v normě ISO 2553.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tupé oboustranné svary:

Tvary svarových ploch pro oboustranné tupé svary

Rozměry v mm

Svar					Tvar svarové plochy					Doporučená metoda svařování ¹⁾ (podle ČSN EN 24063)	Poznámka
Číslo	Tloušťka materiálu <i>t</i>	Pojmeno- vání svaru	Značka (podle ISO 2553)	Zobrazení	Řez	Rozměry					
						Úhel ¹⁾ <i>α, β</i>	Mezera <i>b</i>	Otupení <i>c</i>	Výška úkosu <i>h</i>		
2.2	$t \leq 8$	I-svar				—	$b \approx \frac{t}{2}$	—	—	111 141	—
						—	$b \leq \frac{t}{2}$	—	—	131 135	—
2.3.9	$3 \leq t \leq 40$	Podložený V-svar				$\alpha \approx 60^\circ$	$b \leq 3$	$c \leq 2$	—	111 141	—
						$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$				131 135	
2.5.9	$t > 10$	Podložený Y-svar				$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$2 \leq c \leq 4$	—	111 141	Ve zvláš- tních případech při malých tloušťkách i pro metodu 3.
						$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$				131 135	
2.5.5	$t > 10$	Obou- stranný Y-svar				$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$2 \leq c \leq 6$	$h_1 = h_2 = \frac{t - c}{2}$	111 141	—
						$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$				131 135	

Pokračování

Svar					Tvar svarové plochy					Doporučená metoda svařování ¹⁾ (podle ČSN EN 24063)	Poznámka
Číslo	Tloušťka materiálu t	Pojmeno- vání svaru	Značka (podle ISO 2553)	Zobrazení	Řez	Rozměry					
						Úhel ¹⁾ α, β	Mezera b	Otupení c	Výška úkosu h		
2.3.3	$t > 10$	Obou- stranný V-svar (X-svar)				$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$c \leq 2$	$h \approx \frac{t}{2}$	111 141	—
						$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$				131 135	
2.3.3	$t > 10$	Nesy- metrický obou- stranný V-svar				$\alpha_1 \approx 60^\circ$ $\alpha_2 \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$c \leq 2$	$h \approx \frac{t}{3}$	111 141	—
						$40^\circ \leq \alpha_1 \leq 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha_2 \leq 60^\circ$				131 135	
2.7.9	$t > 12$	Podložený U-svar				$8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$c \approx 5$	—	111 131 135 141	—
2.7.7	$t \geq 30$	Obou- stranný U-svar				$8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$	$b \leq 3$	$c \approx 3$	$h \approx \frac{t-c}{2}$	111 131 135 141	Tento tvar svarové plochy může být i nesymet- rický, po- dobně jako oboustranný V-svar

Pokračování

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pokračování

Rozměry v mm

Svar					Tvar svarové plochy					Doporučená metoda svařování ¹⁾ (podle ČSN EN 24063)	Poznámka
Číslo	Tloušťka materiálu <i>t</i>	Pojmeno- vání svaru	Značka (podle ISO 2553)	Zobrazení	Řez	Rozměry					
						Úhel ¹⁾ <i>α, β</i>	Mezera <i>b</i>	Otupení <i>c</i>	Výška úkosu <i>h</i>		
2.4.9	$3 \leq t \leq 30$	Podložený $\frac{1}{2}$ V-svar				$35^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$c \leq 2$	—	111 131 135 141	—
2.4.4	$t > 10$	Obou- stranný $\frac{1}{2}$ V-svar (K-svar)				$35^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$c \leq 2$	$h = \frac{t}{2}$ nebo $h = \frac{t}{3}$	111 131 135 141	Tento tvar svarové plochy může být i nesy- metrický, podobně jako obou- stranný V-svar
2.8.9	$t > 16$	Podložený $\frac{1}{2}$ U-svar				$10^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$c \geq 2$	—	111 131 135 141 ³⁾	—

Pokračování

Dokončení

Rozměry v mm

Svar					Tvar svarové plochy					Doporučená metoda svařování ¹⁾ (podle ČSN EN 24063)	Poznámka
Číslo	Tloušťka materiálu <i>t</i>	Pojmeno- vání svaru	Značka (podle ISO 2553)	Zobrazení	Řez	Rozměry					
						Úhel ¹⁾ <i>α, β</i>	Mezera <i>b</i>	Otupení <i>c</i>	Výška úkosu <i>h</i>		
2.8.8	<i>t</i> > 30	Obou- stranný $\frac{1}{2}$ U-svar				$10^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$	$b \leq 3$	$c \geq 2$	—	111 131 135 141 ³⁾	Tento tvar svarové plochy může být i nesy- metrický, podobně jako obou- stranný V-svar

¹⁾ Pro svařování v pozici PC podle ISO 6947 (příčný svar) může být úhel větší a nebo nesymetrický.

²⁾ Udané rozměry platí pro stav po sestehování.

³⁾ Odkaz na metodu svařování neznamená, že je použitelná pro celý rozsah tlouštěk materiálu.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Koutové svary:

Tvary svarových ploch pro jednostranné koutové svary

Číslo	Tloušťka materiálu t	Pojmenování svaru	Značka (podle ISO 2553)	Zobrazení	Rez	Rozměry		
						Úhel		Doporučená metoda svařování ¹⁾ (podle ČSN EN 24003)
						α, β	b	
3.10A	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$	Koutový svar T - spoj				$70^\circ \leq \alpha \leq 100^\circ$	$b \leq 2$	3 111 131 135 141
3.10B	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$	Koutový svar Přepřátý spoj				—	$b \leq 2$	3 111 131 135 141
3.10C	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$	Koutový svar Rohový spoj				$60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$	$b \leq 2$	3 111 131 135 141

¹⁾ Odkaz na metodu svařování neznamená, že je použitelná pro celý rozsah tloušťek materiálu.

Tvary svarových ploch pro jednostranné koutové svary

Číslo	Tloušťka materiálu t	Pojmenování svaru	Značka (podle ISO 2553)	Zobrazení	Rez	Rozměry		
						Úhel		Doporučená metoda svařování ¹⁾ (podle ČSN EN 24003)
						α, β	b	
4.10.10A	$t_1 > 3$ $t_2 > 3$	Oboustranný koutový svar Rohový spoj (s mezerou)				$70^\circ \leq \alpha \leq 100^\circ$	$b \leq 2$	3 111 131 135 141
4.10.10B	$t_1 > 2$ $t_2 > 5$	Oboustranný koutový svar Rohový spoj (bez mezery)				$60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$	—	3 111 131 135 141
4.10.10C	$2 \leq t_1 \leq 4$ $2 \leq t_2 \leq 4$	Oboustranný koutový svar				—	$b \leq 2$	3 111 131 135 141
4.10.10C	$t_1 > 4$ $t_2 > 4$	Oboustranný koutový svar				—	—	3 111 131 135 141

¹⁾ Odkaz na metodu svařování neznamená, že je použitelná pro celý rozsah tloušťek materiálu.

Výpočet svarových spojů strojních konstrukcí

Obecně lze říci, že výpočet svarových spojů vychází z běžných zásad pro pevnostní výpočty strojních součástí. Počítá se napjatost v nebezpečném průřezu a tato se porovnává s napětím dovoleným pro daný materiál. Při výpočtu a posuzování svarů však nastává řada komplikací:

- svar v konstrukci často představuje tvarově nehomogenní prvek – vrub
- svar v konstrukci téměř vždy představuje materiálově odlišný prvek
- jakost svaru může ve velké míře kolísat v závislosti na typu svaru, materiálu a podmínkách svařování
- rozměry svaru, zejména délka, nemusí odpovídat rozměrům svarových ploch
- jakost základního materiálu v okolí svaru je ovlivněna tepelným působením při svařování
- ve svaru může po procesu svařování zůstat nezanedbatelné vnitřní pnutí

Z výše uvedených důvodů je exaktní výpočet svarového spoje vždy nejistá záležitost, a to zejména v případě **dynamického namáhání**. Tato problematika se v praxi řeší používáním zavedených výpočetních postupů s řadou bezpečnostních koeficientů, stanovených statisticky na základě zkušeností. Existuje více metodik výpočtu, dále uvádíme výběr z ČSN 05 0120:

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VÝPOČET SVAROVÝCH SPOJŮ STROJNÍCH KONSTRUKCÍ

Výběr z ČSN 05 0120
Účinnost od 1. 5. 1972

Rozdělení svarových spojů podle způsobu zatížení:

- Skupina I – statické zatížení: svarové spoje, u nichž není počet cyklů během předpokládané životnosti větší než $5 \cdot 10^5$
Skupina II – dynamické zatížení: svarové spoje, u nichž je počet cyklů během předpokládané životnosti větší než $5 \cdot 10^5$.

Je-li svarový spoj vystaven rázům, je nutné při výpočtu spoje uvažovat též s dynamickým součinitelem rázu.

Volba dynamického součinitele (rázu) – φ

Charakteristika provozu (chodu) stroje	Druh stroje	Dynamický součinitel (rázu) φ
Stroje s rovnoměrným rotačním pohybem	Elektrické stroje Broušecí stroje Parní a vodní turbíny Rotační kompresory	1,0 až 1,1
Stroje s vratným pohybem bez rázů	Hoblovací a obráběcí stroje Spalovací motory Parní stroje	1,2 až 1,4
Stroje s pozvolna rostoucími rázy	Obrušovací lis Hydraulické kovací lis Nůžky	1,5 až 2,0
Stroje s náhle působícími rázy	Dráče a třídicí kamene Válcovací stolice Bachary	2,0 až 3,0

Velikost zatížení svarového spoje se stanoví:

$$a) F = F_n \pm \varphi \cdot F_a$$

$$b) M = M_n \pm \varphi \cdot M_a$$

kde: F – výsledná síla,

F_n – stálá síla nebo střední síla při cyklickém zatížení,

F_a – amplituda síly,

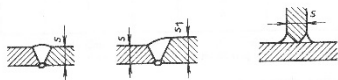
M – výsledný moment,

M_n – stálý moment nebo střední moment při cyklickém zatížení,

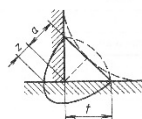
M_a – amplituda momentu.

Tupé a koutové svary

a) u tupých svarů se pro nosný průřez uvažuje menší tloušťka svařovaných částí



b) u koutových svarů se pro nosný průřez počítá s výškou svaru $a = 0,7t$. Hloubka závaru z se mění podle použité technologie svařování a je závislá na výšce svaru a . Hloubka závaru je zahrnuta v převodních součinitelích α (viz tab. na str. 724).



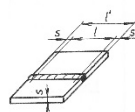
Doporučená minimální tloušťka koutových svarů

Napětí svařované části (mm)	Minimální tloušťka koutového svaru (mm) při spojování ocelí s pevností
nad 10	370 a 420 MPa
10	4
20	6
30	8
40	10
50	12
60	14

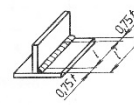
Jestliže se předpokládají počáteční a koncové kritery, je výpočtová délka svaru – l
a) tupého svaru – obr. A
b) koutového svaru – obr. B

$$l = l' + 2 \cdot s$$

$$l = l' + 1,5 \cdot t$$

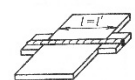


Obr. A

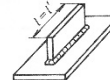


Obr. B

Jestliže se nepředpokládají počáteční a koncové kritery, je podle obr. C a D výpočtová délka $l = l'$



Obr. C



Obr. D

Tloušťka koutových svarů v konstrukcích, u kterých se požaduje nízkost

Základní materiál		$R_m = 370$ a 420 MPa				$R_m = 520$ MPa			
Elektroda ¹⁾		E 44.83				E 52.33			
Tloušťka plechu s (mm)	Skupina připojení								
	1	2	3	4	1	2	3	4	
	Tloušťka koutového svaru t mm								
6	3	3	3	3	4	4	3	3	
8	5	4	3	3	5	5	4	3	
10	6	5	4	3	7	6	5	4	
12	8	6	5	4	8	8	6	5	
14	8	8	6	5	10	8	8	5	
15	10	8	6	5	10	10	8	6	
16	10	8	6	5	12	10	8	6	
18	10	10	8	6	12	10	10	8	
20	12	10	8	6	14	12	10	8	
25	14	12	10	8	16	14	12	10	
30	16	14	12	10	18	16	14	12	
35 až 40	18	16	14	12	20	18	16	14	
40 a výše ²⁾									
	h				h				
	$0,35s$ $0,3s$				$0,35s$ $0,3s$				
									
	h				h				
	$0,7s$ $0,6s$				$0,7s$ $0,6s$				
	nevykazuje se				nevykazuje se				

¹⁾ Pro tloušťky spojovaných částí (plechů) nad 40 mm jsou hospodárnější 1/2 U svary.

²⁾ Použito označení podle původní ČSN EN 759 (05 5001).

Skupina II – dynamicky zatížené svary:

a) střední napětí cyklu

$$\sigma_m = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \quad \text{resp.} \quad \tau_m = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2}$$

b) amplituda napětí cyklu

$$\sigma_a = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \quad \text{resp.} \quad \tau_a = \frac{\tau_1 - \tau_2}{2}$$

kde: σ_1, τ_1 – horní napětí cyklu, tj. největší algebraická hodnota napětí cyklu ve svaru nebo v základním materiálu,
 σ_2, τ_2 – dolní napětí cyklu, tj. nejmenší algebraická hodnota napětí cyklu ve svaru nebo v základním materiálu.

Součinitel nesouměrnosti cyklu

$$r = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \quad \text{resp.} \quad r = \frac{\tau_2}{\tau_1}$$

Základní výpočtové vzorce pro svarové spoje

Číslo	Svařovaná součást	Jmenovité napětí
1		tah: $\sigma_s = \frac{N}{S_w}$ smyk: $\tau = \frac{T}{S_w}$
2		ohyb: $\sigma_s = \frac{M_b}{W_{sw}} = \frac{6 \cdot M_{b,1}}{s^2 \cdot l}$ $\sigma_s = \frac{M_b}{W_{sw}} = \frac{6 \cdot M_{b,2}}{s \cdot l^2}$ krut: $\tau = \frac{M_t}{W_{tw}} = \frac{3 M_{t,1}}{s^2 \cdot l}$
3		$N_s = N \cdot \cos \varphi$ $N_t = N \cdot \sin \varphi$ $\sigma_s = \frac{N \cdot \cos^2 \varphi}{S}$ $\sigma_t = \frac{N \cdot \sin^2 \varphi}{S}$ $\tau = \frac{N \cdot \sin 2\varphi}{2 \cdot S}$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pokračování

Číslo	Svařovaná součást	Jmenovité napětí
4		smyk: $\tau_1 = \frac{N}{2 \cdot S_{sv}} = \frac{N}{2 \cdot 0,7 \cdot t \cdot l}$
5		smyk: $\tau_1 = \frac{N}{2 \cdot S_{sv}} = \frac{N}{2 \cdot 0,7 \cdot t \cdot l}$
6		koutový svar: $\tau_{\perp} = \frac{M_{sv}}{W_{sv}} = \frac{3 \cdot M_{sv}}{a \cdot l^2}$
7		tupý svar: $\sigma_{\perp} = \frac{M_{sv}}{W_{sv}} = \frac{6 \cdot M_{sv}}{s \cdot l^2}$

Pokračování

Pokračování

Číslo	Svařovaná součást	Jmenovité napětí
8		koutový svar: $\tau_1 = \frac{M_{sv}}{W_{sv}} = \frac{M_{sv}}{\pi \cdot [(D + 2a)^2 - D^2] \cdot 16(D + 2a)}$

Charakteristické případy cyklických namáhání

Způsob zatížení	Časový průběh napětí	Součinitel nesouměrnosti cyklu $r = \frac{\sigma_n}{\sigma_m}$
stálé (statické)		$r = +1$
pulsující		$0 < r < +1$
míjivé		$r = 0$
střídavé nesouměrné		$-1 < r < 0$
střídavé souměrné		$r = -1$

723

Dovolené napětí tupých a koutových svařových spojů

Skupina I – statické zatížení:

$$\sigma_{Dov} = \alpha \cdot \sigma_D \quad \tau_{Dov} = \alpha \cdot \sigma_D$$

kde: σ_D – dovolené napětí základního materiálu

α – převodní součinitel (viz tabulka)

Převodní součinitel z svařového spoje

Druh svaru	Druh namáhání	Převodní součinitel
Tupé svary ¹⁾	tlak	1,0
	tah	0,85 (0,90 ²⁾) (1,0 ³⁾)
	smyk	0,70
Koutové svary	čelní	0,75 ¹⁾) (0,90 ²⁾) (1,0 ³⁾)
	boční	0,65 ¹⁾) (0,80 ²⁾) (0,90 ³⁾)

¹⁾ Převodní součinitel při namáhání podél osy svařového spoje $\alpha = 1$.

²⁾ Platí pro stykové odporové svařování.

³⁾ Platí pro:

- a) tupé spoje svařované ručně a po vydrážkování podložené svařem ze strany kořene;
- b) tupé spoje obousměrně provazované, alespoň z jedné strany svařované automaticky pod tavídelm nebo v CO_2 ;
- c) elektrostruskové svary.

Ve všech uvedených případech musí být svary kontrolovány prozářením podle ČSN 05 1305. Přitom je třeba provést u svarů jakost odpovídající minimální klasifikačnímu stupni 2.

⁴⁾ Platí pro ruční svařování elektrickým obloukem, přičemž pevnost použitých elektrod odpovídá pevnosti základního materiálu (např. elektroda E 52.33 a základní materiál 11 523). Hloubka závaru $z = 0$.

⁵⁾ Platí: a) pro ruční svařování elektrickým obloukem základních materiálů, jejichž minimální pevnost v tahu je o 20 % menší než minimální pevnost svařového kovu použité elektrody (např. při ocelích o pevnosti 350 až 370 MPa u elektrodách E 44.83 nebo E 44.72, nebo o pevnosti 410 MPa u elektrodách E 48.83). Hloubka závaru $z = 0$.

b) pro poloautomatické svařování pod tavídelm, poloautomatické svařování v ochranné atmosféře CO_2 a dále pro automatické svařování pod tavídelm jednovrstvých nebo vícevrstevných svarů pro $t > 12$ mm. Hloubka závaru $z = 0,2$.

⁶⁾ Platí pro automatické svařování pod tavídelm jednovrstvých svarů pro $t \leq 12$ mm. Hloubka závaru $z = 0,4$.

⁷⁾ Použití označení elektrod dle původní ČSN EN 759 (05 5001).

Velikost součinitele bezpečnosti u svařových spojů zařazených do skupiny I se zpravidla volí $n = 1,5$ (není-li stanoveno jinak).

Skupina II – dynamické zatížení

Dovolené napětí ve svaru:

$$\sigma_{AD} = \frac{\sigma_R}{n} \quad \text{resp.} \quad \tau_{AD} = \frac{\tau_R}{n}$$

pro střídavé souměrné namáhání je:

$$\sigma_{AD} = \frac{\sigma_R}{n} \quad \text{resp.} \quad \tau_{AD} = \frac{\tau_R}{n}$$

kde: σ_R, τ_R – mez únavy svaru nebo základního materiálu pro dané střední napětí (určí se ze Smithových diagramů viz ČSN 05 0120).

σ_R, τ_R – mez únavy svaru nebo základního materiálu při střídavém souměrném namáhání, n – součinitel bezpečnosti, volí se $n = 1,5$ až 3.

Podmínky pevnosti tupých a koutových svařových spojů

Skupina I – statické zatížení (α – volí se z tabulky na str. 724)

Tupé svary:

$$\sigma_{\perp} \leq \alpha \cdot \frac{\sigma_R}{n} \quad \sigma_{\parallel} \leq \frac{\sigma_R}{n} \quad \tau \leq \alpha \cdot \frac{\tau_R}{n}$$

$$\sigma_{\perp} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\perp}}{\alpha}\right)^2 + \sigma_{\parallel}^2} - \frac{\sigma_{\perp} \cdot \sigma_{\parallel}}{\alpha} - 3 \left(\frac{\tau}{\alpha}\right)^2 \leq \frac{\sigma_R}{n}$$

kde: $\sigma_{\perp}$ – normální napětí kolmé na směr svaru,

$\sigma_{\parallel}$ – normální napětí rovnoběžné se směrem svaru,

$\sigma_{\perp}, \sigma_{\parallel}$ – převodní součinitel svařového spoje,

mez kluzu v tahu,

σ_R – součinitel bezpečnosti,

τ – smykové napětí,

τ_R, σ_R – redukované napětí.

Koutové svary

$$\tau_1 = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}}{\alpha_{\perp}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel}}{\alpha_{\parallel}}\right)^2} \leq \beta \cdot \frac{\sigma_R}{n}$$

kde: $\tau_{\perp}$ – smykové napětí kolmé na směr svaru,

$\tau_{\parallel}$ – smykové napětí rovnoběžné se směrem svaru,

τ – smykové napětí rovnoběžné se směrem svaru,

β – součinitel tloušťky koutového svaru,

volí se pro $t < 10$ mm je $\beta = 1,3 - 0,03t$,

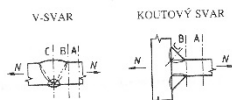
pro $t \geq 10$ mm je $\beta = 1,0$.

Koutové svary spojující stěnu a pás nosníku (kační svary) musí vyhovovat podmínce:

$$\sigma_{\perp} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \left(\frac{\tau_{\perp}}{\alpha_{\perp}}\right)^2} + \left(\frac{\tau_{\parallel}}{\alpha_{\parallel}}\right)^2 \leq \beta \cdot \frac{\sigma_R}{n}$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Skupina II – dynamické zatížení



Svarové spoje této skupiny musí vyhovovat v jednotlivých průřezech podmínkám:
Při prostém namáhání

$$\sigma_s \leq \frac{\sigma_{A1} \cdot A_1}{n}; \quad \tau_s \leq \frac{\tau_{A1} \cdot A_1}{n}$$

Při kombinovaném namáhání v případě stejného r platí pro srovnávací amplituda podmínka

$$\sigma_{sk} \leq \frac{\sigma_{A1} \cdot A_1}{n}; \quad \tau_{sk} \leq \frac{\tau_{A1} \cdot A_1}{n}$$

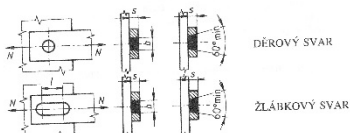
kde σ_{A1} nebo τ_{A1} je mez únavy základního materiálu (řez A) a $\sigma_{A1} \cdot m$ a $\tau_{A1} \cdot m$ je mez únavy svarového spoje v řezu B nebo C. Jejich hodnoty se určí ze Smitbových diagramů.

Výpočet děrových a žlábkových svarů
Děrové a žlábkové svary se používají pro přenesení malých sil, jejich únosnost není spolehlivá. Nejsem vůbec vhodná pro dynamické zatížení.

U děrových svarů s kolmými stěnami se počítá s pevností o 30 % nižší než výjde výpočtem.

K porušení svaru může dojít:

- v základové ploše svaru,
- v obvodové ploše svaru.



Vzorce pro výpočet smykových napětí děrových a žlábkových svarů

Napětí	Děrový svar		Žlábkový svar	
	kolmý	s úkošem	kolmý	s úkošem
v základové ploše	$\frac{N}{0,5 \cdot b^2}$ při $b < 4s$	$\frac{N}{0,8 \cdot b^2}$	$\frac{N}{0,7 \cdot b \cdot l}$ při $b < 2s$	$\frac{N}{b \cdot l}$
v obvodové ploše	$\frac{N}{2,2 \cdot s \cdot b}$ při $b \geq 4s$	$\frac{N}{3,1 \cdot s \cdot b}$	$\frac{N}{1,4 \cdot s \cdot l}$ při $b \geq 2s$	$\frac{N}{2 \cdot s \cdot l}$

Poznámka: Pro $b < 2s$ se doporučuje schválení svaru technologem svařování.

Označování svarů na výkresech

Způsob označování svarů na výkresech a celková koncepce kreslení svařenců jsou dány normami a firemními zvyklostmi. Tato problematika je náplní předmětu „Technické kreslení“, značení svarů naleznete i ve Strojnických tabulkách.

Zadání k samostatné práci

Zadání č.1

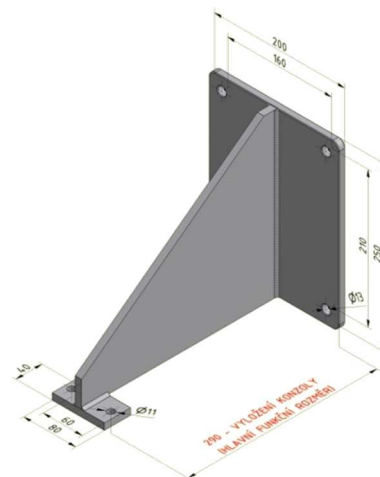
Navrhněte způsob svarového spoje kruhového táhla o průměru $d=30$ mm z oceli 11 523. Vypočítejte únosnost tohoto spoje při statickém namáhání. Provozní bezpečnost volte.

Zadání č.2

Navrhněte způsob svarového spoje plochého táhla o průřezu $a \times b=80 \times 10$ mm z oceli 11 373. Vypočítejte únosnost tohoto spoje při statickém namáhání. Provozní bezpečnost volte.

Zadání č.3

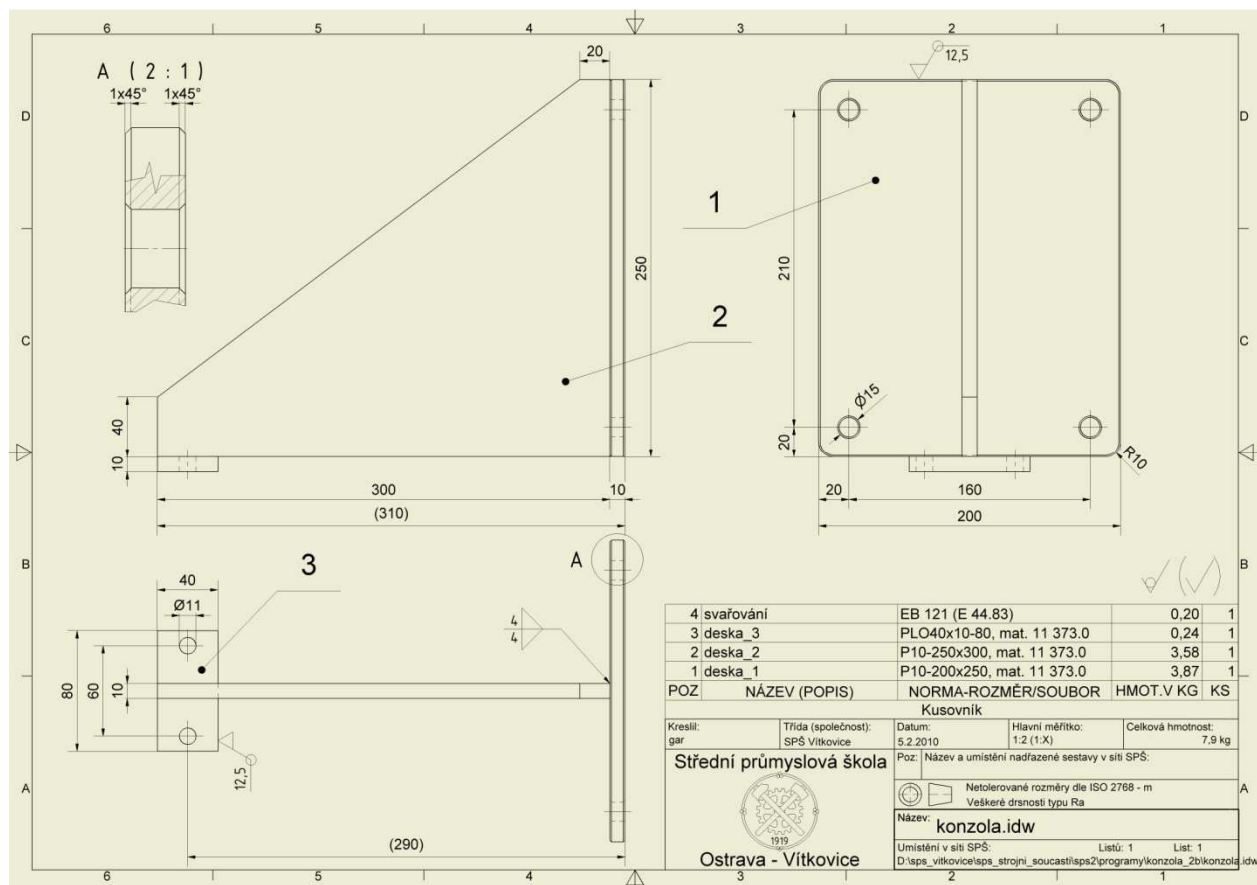
Zvolte směry zatěžujících sil konzoly na obrázku. Popište namáhání svarů a napište vztahy pro jejich výpočet.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zadání č.4

Vypočítejte únosnost konzoly na následujícím výkresu s ohledem na navržené svary. Provozní bezpečnost volte.



Zdroj literatury a obrázků:

Leinveber, Řasa, Vávra : Strojnické tabulky, 3.vyd.

Dillinger, Josef; kolektiv : Moderní strojírenství pro školu a praxi

Testové úlohy a cvičení jsou autorsky vytvořeny pro učební materiál.