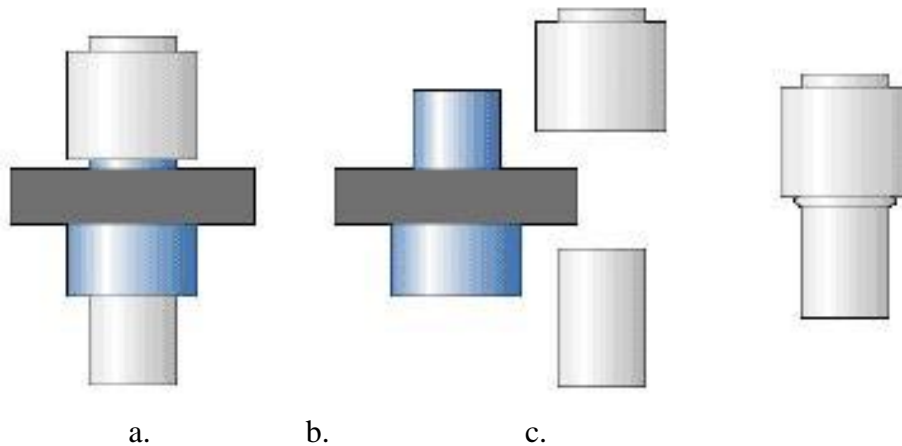


## Kapitola 5 (1 hodina) Základy hrdlového a sedlového svařování

### 5.1 Princip procesu

V zásadě se hrdlové svařování horkým tělesem skládá ze zahřátí vnějšího povrchu trubek a vnitřního povrchu armatury v oblastech, které se budou účastnit svařování, na svařovací teplotu, která převede materiál do kapalného viskozního stavu.



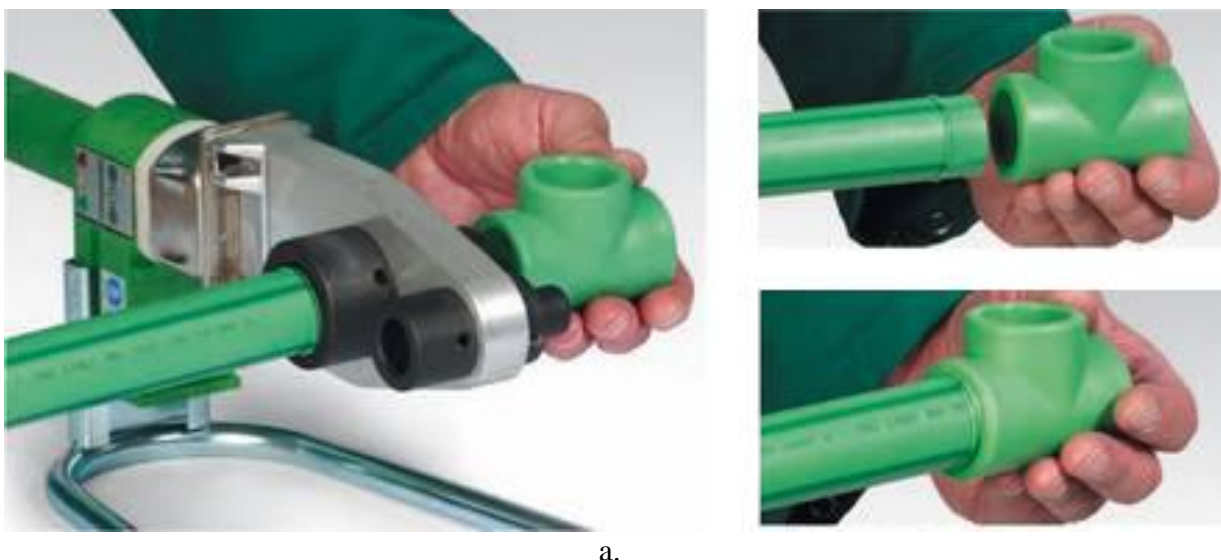
Obr. 5.1 Princip hrdlového svařování

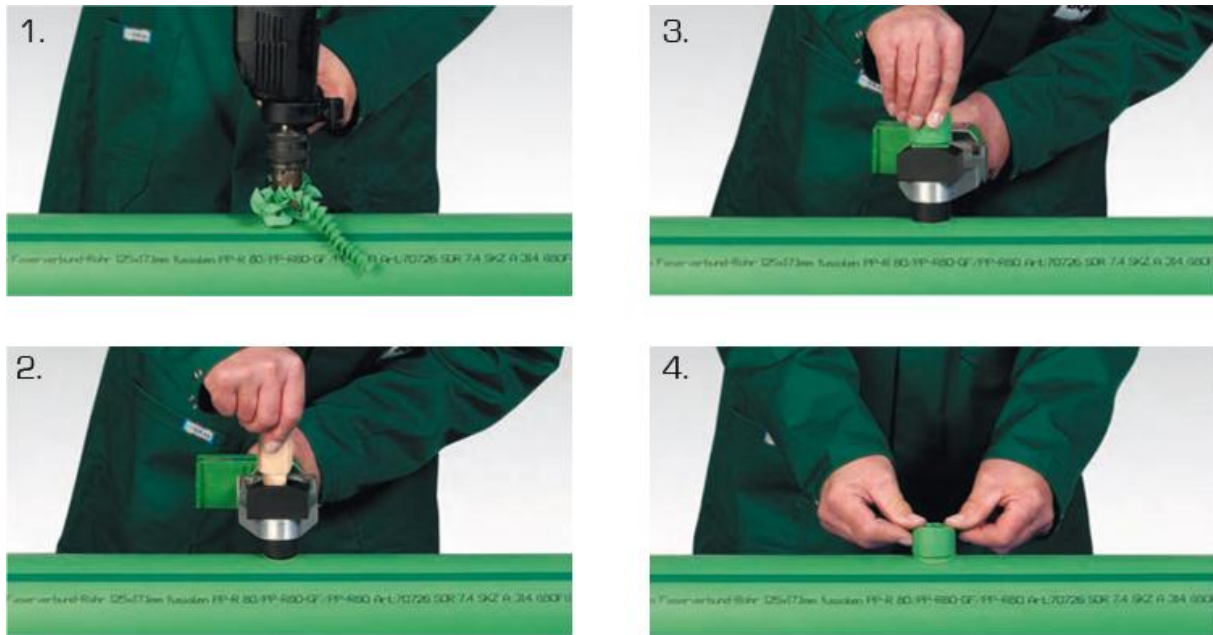
Hrdlové svařování horkým tělesem se doporučuje pro trubky průměrů 16-125 mm a SDR11, SDR17.

Svařování se provádí ve třech různých fázích (obrázek 5.2):

- Nahřátí svařovaných součástí
- Odsunutí horkého tělesa
- Svaření provedením dobrého kontaktu svařovaných součástí.

V případě sedlového svařování se před zahájením svařovacího procesu trubka provrtá.





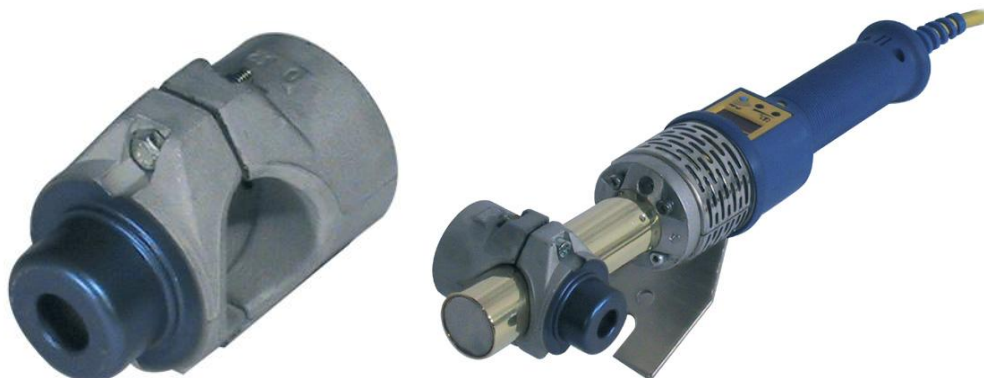
b.

Obr. 5.2 Fáze hrdlového svařování (a.) a sedlového svařování (b.)

## 5.2 Druhy polyfúzního svařování

Dle velikosti materiálu a rozměrů polyfúzních svařovacích ohřivacích adaptérů se tato metoda dělí na tři typy, které se liší zejména procesem přípravy materiálu. První dva typy A a B jsou v zásadě stejné, zatímco typ C se v principu liší a blíží se sedlovému svařování. Rozdíly mezi těmito druhy jsou následující:

- **Typ A** – vnější povrch trubky není nakalibrován a svařované plochy jsou čištěny pouze chemicky. Proto musí být trubky a tvarovky vyrobeny s přesnými rozměrovými tolerancemi umožňujícími ohřev na ohřivacích adaptérech bez nadměrného vytlačování ohřivaného materiálu. Tento typ polyfúzního svařování je v České republice nejčastější a domácí výrobci dodávají téměř výhradně plastové trubky a tvarovky pro typ A.



Obr. 5.3 Čelist'ový (jednodílný) polyfúzní adaptér



Obr. 5.4 Dvojité (dělené) polyfúzní adaptér

- **Typ B** – kalibrace vnějšího povrchu trubky podél ohřivané oblasti se provádí kalibračními nástroji, které řezou zoxidovanou horní vrstvu trubky a současně zajišťuje odvod přebytečného materiálu a dostatečnou kruhovost trubky pro budoucí spoj. Používá se zejména pro svařování trubek s menší kruhovou stabilitou, např. z polybutenu.



Obr. 5.5 Kalibrační nástroj

- **Typ C** – polyfúzní sedlové svařování odbočných trubek do trubek od průměru 50 mm, když je tvarovka vytvarována do sedla a kopíruje povrch trubky pro svařování a hrdla pro polyfúzní svařování v otvoru vyvrtaném v trubce. Horká tělesa jsou přizpůsobena svým tvarem pro nahřátí části povrchu trubky a sedla s hrdlem tvarovky, které budou svařovány. Před svařováním je trubka vyvrtána speciálním tvarovým vrtákem v místě navařované odbočné trubky. Takovým způsobem se instalují další odbočky do potrubních rozvodů.

**Poznámka:** typ C není definován směrnici DVS; jde o podnikovou patentovanou metodu, která se nyní používá rozšířeně.



Obr. 5.6 Dvojité (dělené) polyfúzní sedlové adaptéry

## 5.3 Svařovací technologie

V hrdlovém svařování je svarový spoj mezi vnějším povrchem trubky a vnitřním povrchem hrdla.

Ohřev součástí se provádí dvojicí vyměnitelných nástavců, které jsou nasazeny na horkém tělese.

Aktivní povrch těchto nástavců je pokryt vrstvou PTFE a jsou dimenzovány dle průměru svařovaných součástí.

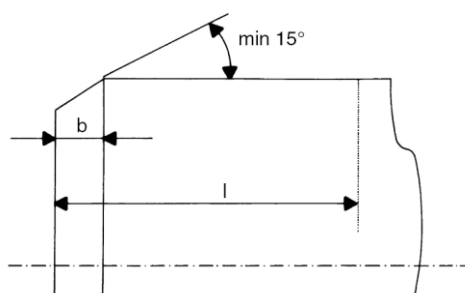
Hlavní technologické parametry, které se používají v hrdlovém svařování, jsou:

- teplota horkého tělesa
- doba ohřevu
- doba pro odsunutí horkých těles a pro vytvoření kontaktu mezi svařovanými součástmi
- doba pro zavedení trubky do hrdla
- doba pro svařování-chlazení

### 5.3.1 Příprava před svařovacím procesem

Tato fáze se skládá z několika kroků, jako je např. prohlídka pracoviště a svařovacího zařízení a prohlídka a příprava materiálu. Požadavky na vhodnost potrubního materiálu ke svařování jsou uvedeny v obecně závazných normách pro svařování plastů.

Na svařovacím zařízení se kontroluje stav protipřílnavé vrstvy svařovacích adaptérů a neporušenost napájecích kabelů. Pak se povrch aktivních ploch vyčistí a odmastí. Po ustálení teploty horkých těles se zkontroluje teplota svařovacích adaptérů pomocí zabudovaného vysokorychlostního teploměru. Ohřev svařovaného materiálu nesmí začít dříve než 10 minut po dosažení předepsané teploty. Je možno použít pouze takové svařovací zařízení, jehož vstup zajišťuje dokonalé prohřátí svařovacích adaptérů i za nižších okolních teplot. To se obvykle uvádí v návodech k použití výrobců svářecích strojů. Před svařováním se musí svařované součásti temperovat na stejnou teplotu. Pro vytvoření dokonalého spoje je důležité správné změření délky trubky, jakož i svislé řezání, řezání od vnější hrany a označení délky zasunutí (I) do ohřívacího adaptéru na trubce. Obrobení svařovaných ploch musí vždy být provedeno těsně před zahájením svařování.



Obr. 5.7 Příprava konce trubky

Průměr trubky $d_n$ (mm)	Kalibrační průměr $d_l$ (mm)	Kalibrační délka $l$ – min. hodnoty
16	$15,90 \pm 0,05$	13
20	$19,90 \pm 0,05$	14
25	$24,90 \pm 0,05$	16
32	$31,90 \pm 0,05$	18

40	39,85 ± 0,10	20
50	49,85 ± 0,10	23
63	62,80 ± 0,15	27
75	74,80 ± 0,15	31
90	89,80 ± 0,15	35
110	109,75 ± 0,20	41
125	124,75 ± 0,20	44

Pro určité plastové materiály (trubky nebo tvarovky) může výrobce stanovit jiný rozměr pro opracování konců trubek, než je uveden v tabulkách pro typ A. Jde většinou o materiály jiné než polypropylén nebo polyetylén, např. polybuten, kde se obrobení provádí dle pokynů výrobce trubek a tvarovek. Pro PVDF uvádí část 15 normy DVS 2207 pouze lehce odlišnou hloubku zasunutí. Stejný případ je s tvarovkami vyrobenými dle staré normy ČSN, kdy musí být použity nestandardní polyfúzní svařovací adaptéry, které jsou vyrobeny pro tyto tvarovky, jelikož hodnoty uvedené zde pro typ A jsou založeny na normě DIN, dle které se vyrábí trubky a tvarovky také v České republice.

Pro svařovací postup B se provádí kalibrace vnějšího povrchu trubky podél ohřívané části a proto není nutné označovat hloubku zasunutí, jelikož ta je dána obrobením trubky v délce (l). K tomuto účelu slouží kalibrační nástroje pro různé průměry trubek.

Trubky musí být obrobeny rovnoměrně po celém průměru trubky a bez ostrého zářezu na konci obráběné součásti.

Pro víceplášťové trubky a trubky s výztužnou kovovou fólií, které umožňují opracování, včetně řezání kolových fólií nebo kovového pláště dle pokynů výrobce trubek, slouží speciální kalibrační nástroje. Kalibrování se provádí ručně nebo strojně.

Příprava a obrábění povrchu trubky pro polyfúzní svařování typu C probíhá dle pokynů výrobce trubek.

Před zahájením svařování je nutné provést následující:

- kontrola neporušení teflonového povlaku na povrchu horkého tělesa. Je-li poškozen, musí být opraven nebo vyměněn. Zamezte jeho případnému kontaktu s cizími předměty (kovy apod.). Mohla by se poškodit teflonová vrstva. Z tohoto důvodu je horké těleso pro zamezení znečištění nebo poškození mimo pracovní dobu uchováváno ve zvláštním ochranném pouzdře.
- Aktivní povrchy horkého tělesa s teflonovým povlakem čistěte měkkým papírem namočeným ve vhodném ředidle (technický líh);
- Ověřte, zda jsou nože řezacího nástroje ostré;
- Zkontrolujte čistotu vedení zařízení;
- Před zahájením pracovního programu zkontrolujte nejméně jednou za den teplotu horkého tělesa. Doporučujeme kontrolovat udržování a rovnoměrnost horkého tělesa pro ohřev povrchu. Teplota na různých místech horkého tělesa se měří dotykovým teploměrem. Měření začínají po stabilizaci horkého tělesa (za přibližně 15 minut) poté, co zelená kontrolka signalizuje dosažení požadované teploty. Nejsou přípustné odchylky teploty s rozdílem vyšším než nastaveným, tedy ± 5°C.
- Před provedením každého svarového spoje se horké těleso vyčistí měkkým papírem namočeným ve vhodném ředidle (technický líh).

### 5.3.2 Nahřívání

*Nahřívací fáze* začíná nasunutím trubky a tvarovky na svařovací adaptér bez otáčení, tedy působením rovnoměrného tlaku, vložením trubky do otvoru v nahřívacím adaptéru až po značku hloubky nasunutí (I) a tvarovky na trn adaptéru. Po nasunutí obou částí probíhá nahřívání po časové období mezené platnými svařovacími tabulkami. Vznik kroužku roztaveného materiálu přibližně 1-2mm v místě kontaktu mezi hrdlem trubky a ohřívacími nástavci, součásti jsou vytahovány současně z ohřívacích profilů. Trubka je zasunuta do hrdla až po značku a udržována v této poloze bez vzájemného pohybu a při zachování sousoosti obou prvků až do vychladnutí.

### 5.3.3 Transpozice

V *transpoziční fázi* se obě ohřáté části vyjmuty z nahřívacího adaptéru a přiblíženy k sobě pro umožnění co nejrychlejšího spojení. Doba uvedená v tabulkách je maximální hodnota, která nesmí být překročena.

### 5.3.4 Spojení a připevnění

Po předchozí fázi okamžitě následuje *spojovací fáze* - připevnění, kdy opět bez vzájemného otáčení součástí rovnoměrně trubku tlačíme do kuželového hrdla tvarovky. Kuželové hrdlo tvarovky pomáhá vyvinout vzájemný tlak obou materiálů. Po dobu připevnění se součásti udržují v jejich konečné poloze. Po zasunutí trubky do tvarovky, ovšem pouze u ručního svařování, je možno provést osové seřizení součástí, ovšem nikoliv otáčením součástí ve spoji. Spoj musí nést známky správného provedení svaru bez obou límců taveniny po obvodě. Trubka se nezasouvá dovnitř až k dorazu tvarovky nebo přes doraz, protože zde musí zůstat mezera v hrdle mezi dorazem a koncem trubky 1 až 2 mm pro límec materiálu. Když límec přeteče dovnitř tvarovky, je nutno snížit kapacitu průtoku v místě spoje.

V případě sedlového svařování je možno spoje průměrů 20, 25, 32, 40 mm svařovat ručně. Horké těleso se přitlačí k plášti trubky ( $p = 0,15 \text{ N/mm}^2$ ) po jeho umístění na celý povrch a pak se přitlačí ohřívací nástavec sedlového spojovacího povrchu až po vznik kroužku roztaveného materiálu přibližně 1-2mm. Pak se sedlo a trubka odvedou od horkého tělesa. Ohřáté povrchy se spojí a přitlačí k sobě kolmo na osovou sílu trubky. Tlačná síla bude trvat, dokud svarové spoje nevychladnou (na přibližně 40°C).

### 5.3.5 Chlazení

*Fáze chlazení*, během níž nesmí být spoj vystaven namáhání a musí chladnout přirozeně v pevné poloze, probíhá ve srovnání s ostatními fázemi řádu minut. Předepsaná doba je ovšem minimální hodnota nesmí být zkrácena.

## 5.4 Polyfúzní svařovací parametry

Parametry pro polyfúzní svařování - teplota, tlak a čas - jsou uvedeny pro jednotlivé materiály materiály zvlášť.

Pro všechny materiály musí být dodržovány společné zásady, zejména požadavky na svařovací teplotu:

- Pro větší průměry trubek se vybírá nižší svařovací teplota z uvedeného rozsahu s možností prodloužení doby nahřívání, což vede k dokonalému prohřátí svařovaných součástí.
- U menších průměrů se vybírá vyšší teplota z uvedeného teplotního rozsahu a doba nahřívání se zkracuje pro zamezení zborcení tenké stěny trubky.

– Při svařování za okolních teplot nižších než 10°C je zakázáno zvyšovat teplotu svařovacího adaptéru. Po dosažení požadované teploty a hloubky prohřátí materiálu je možné lehce prodloužit dobu náhřevu.

Úpravu svařovacích parametrů doporučuje technolog nebo specialista svařování plastů, nebo může být úprava uvedena ve specifikaci svařovacího postupu (WPS). Svářeč uvádí skutečně použité parametry do svařovacího protokolu.

#### 5.4.1 Směrné hodnoty pro PE a PP dle normy DVS 2207 – části 1 a 11

Teplota horkého tělesa:

PE-LD ..... 190–200 °C

PE-HD (PE-MD)..... 250–270 °C

PP-H, PP-B, PP-R ..... 250–270 °C

#### Poznámka:

1) Norma DVS nedefinuje teplotu horkého tělesa pro PE-LD. Výše uvedené hodnoty jsou založeny na doporučení výrobců materiálů.

2) V České republice se teplotní rozsah pro PE-HD někdy uvádí jako o něco rozšířený.

1	2		3	4	5
Vnější průměr trubky $d_n$ (mm)	Nahřívání (s) pro PN 10 <sup>3</sup> PN 6 SDR <sup>2)</sup> 11 SDR <sup>2)</sup> 17, 66		Transpozice (s)	Chlazení upevněné celkem (s) (min)	
16	5		4	6	2
20	5		4	6	2
25	7	1)	4	10	2
32	8	1)	6	10	4
40	12	1)	6	20	4
50	18	1)	6	20	4
63	24	1)	8	30	6
75	30	15	8	30	6
90	40	22	8	40	6
110	50	30	10	50	8
125	60	35	10	60	8

1) Pro tloušťky stěn, které jsou příliš malé, nelze tento svařovací postup doporučit.

2) Poměr standardních rozměrů ~  $d_n/e_n$

3) U PP platí hodnoty pro PN 10 také pro PN 16 a PN 20.

#### 5.4.2 Směrné hodnoty pro PB dle podnikové dokumentace společnosti Pipe-Life

Teplota horkého tělesa:

PB.....250–270 °C

1	1a	2	3	4	5
Vnější průměr trubky $d_n$ (mm)	Minimální tloušťka stěny (mm)	Nahřívání (s)	Transpozice (s)	Chlazení upevněné celkem (s) (min)	
16	2.0	5			

20	2,2	6	4	15	2
25	2,36				

### 5.4.3 Směrné hodnoty pro PVDF dle normy DVS 2207 – část 15

Teplota horkého tělesa:

PVDF .....250–270 °C

1	1a	2	3	4	5
Vnější průměr trubky $d_n$ (mm)	Minimální tloušťka stěny (mm)	Nahřívání (s)	Transpozice (s)	Chlazení upevněné celkem (s) (min)	
16	1,5	4	4	6	2
20	1,9	6			
25	1,9	8			
32	2,4	10	4	12	4
40	2,4	12			
50	3,0	18			
63	3,0	20			
75		22	6	18	6
90		25			
110	3,0	30	6	24	8

### 5.5 Technologické podmínky po svařování

Po svařování je nutno dodržovat podmínky, které velmi ovlivňují kvalitu svaru, tedy spontánní přirozené chlazení bez chladicí vody nebo vzduchu nebo mezioperačního napouštění rozvodného systému studenou vodou, což způsobuje trvalé mechanické pnutí trubek.

Orientační časové intervaly pro první napouštění trubek vodou po posledním svaru na průměrech trubek:

16, 20, 25, 32 mm..... 60 min

40, 50, 63, 75 mm..... 90 min

90, 110, 125 mm ..... 120 min

### 5.6 Technologické chyby při polyfúzním svařování

Seznam chyb při polyfúzní svařování krátce popisuje chyby vedoucí k vadám svarů:

- nesprávná volba materiálu a kvality svařovaných součástí
- špatné označení délky zasunutí trubky do ohřívacího adaptéru (neodpovídá hloubce hrdla tvarovky)
- nedostatečné vyčištění svařovaných ploch před svařováním
- nesprávné nastavení svařovací teploty
- špatné slícování trubky a tvarovky na polyfúzním svařování při nahřívání
- nesprávná doba nahřívání trubky a tvarovky



- otáčení trubky a tvarovky na adaptéru při nahřívání
- překročení doby transpozice
- nedostatečné připevnění součástí po spojení
- otáčení trubky v tvarovce během spojování a upevňování
- rychlé zchladnutí svaru ihned po svařování – zrychlená krystalizace, svar křehne
- svar je vystaven mechanickému namáhání ihned po svaření
- okamžité první napuštění rozvodného systému tlakovou vodou.

## 5.7 Svařovací zařízení

Obecně se svařovací zařízení pro hrdlové svařování skládá z následujících hlavních částí:

- základní vozík;
- horké těleso,
- frézy (ruční skrejpr);
- vyměnitelné čelisti.



a. b.

Obr. 5.8 Zařízení pro hrdlové a sedlové svařování  
(a. pro velké průměry a b. pro malé průměry)