

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ROZŠIŘOVÁNÍ KONCŮ TRUBEK

EXPANDING OF TUBE ENDS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN RIESNER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. EVA ŠMEHLÍKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Riesner Jan

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Rozšiřování konců trubek

v anglickém jazyce:

Expanding of tube ends

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o vytvoření přehledu moderních metod rozšiřování konců trubek v technologii tváření. V práci by měly být uvedeny metody využívající moderních strojů, nástrojů a materiálů. Dále popis těchto metod, moderní výrobní postupy a příklady vyráběných součástí.

Cíle bakalářské práce:

Provedení průzkumu v oblasti tváření a vytvoření přehledu současných výrobních metod. Stručný popis nejnovějších metod a výrobních postupů a uvedení jejich předností. Vše bude doplněno názornou obrázkovou dokumentací.

Seznam odborné literatury:

ŽÁK, Jan, SAMEK, Radko, BUMBÁLEK, Bohumil. Speciální letecké technologie I. 1. vyd. Ediční středisko VUT Brno. Brno : Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1990. ISBN 80-214-0128-1. s. 220.

DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.

PROCHÁZKA, Jiří, et al. Technologi slévání, tváření a svařování. 3. vyd. Praha: ČVUT v Praze, 1990. s. 343. ISBN 80-01-00345-0.

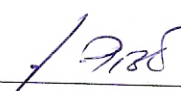
NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Eva Šmehlíková, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 14.11.2008

L.S.



doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu





doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

RIESNER Jan: Rozšiřování konců trubek.

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru B2341-3 předkládá přehled metod rozšiřování konců trubek.

V první části byl na základě studie problematiky vytvořen soubor metod, které se používají pro rozšiřování konců trubek rozdělených do tří základních skupin dle technologie výroby.

V další části práce jsou popsány využívané moderní metody. Jedná se o metodu rozšiřování radiálními čelistmi a metodu rozšířených, směrem ke konci se opět zužujících útvarů na koncích trubek.

Závěrem této práce je pojednání o kontrole kvality rozšíření konců trubek a těsnosti spojů.

Klíčová slova: Tváření, konce trubek, rozebíratelný systém

ABSTRACT

RIESNER Jan: Expanding of tube ends.

The project is elaborated within frame of bachelor's studies of branch B2341-3. The project is submitting a summary of methods used for expanding of tube ends.

In the first part on the basis of the studies of this problem there was created a set of methods which are used for expanding of tube ends. These methods are divided into three elementary parts according to the technology of production.

Next part of this project describes modern methods in use. It is namely expanding of tube ends by radial jaws and method of expanded and towards the end renarrowing figures on the tube ends.

In conclusion of this thesis there is treatise on quality checking of expanded tube ends and leakage test.

Keywords: Forming, tube ends demountable system

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RIESNER, J. *Rozšiřování konců trubek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 38 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Šmehlíková, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V dne 25. 5. 2009

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji paní Ing. Evě Šmehlíkové, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

1. ÚVOD.....	- 15 -
2. ÚPRAVA KONCŮ TRUBEK TVÁŘENÍM – ROZŠÍŘOVÁNÍ	- 16 -
2.1. MATERIÁLY	- 16 -
2.2. NÁSTROJE NA ROZŠÍŘOVÁNÍ DUTÝCH TĚLES (TRUBEK).....	- 16 -
2.3. METODY POUŽÍVANÉ K ROZŠÍŘOVÁNÍ KONCŮ TRUBEK.....	- 16 -
2.3.1. S použitím pevného nástroje	- 17 -
2.3.2. S použitím nepevného nástroje	- 23 -
2.3.3. Speciální metody	- 26 -
3. MODERNÍ METODY ROZŠÍŘOVÁNÍ KONCŮ TRUBEK	- 28 -
3.1. NÁSTROJ NA ROZŠÍŘOVÁNÍ KONCŮ TRUBEK A ZPŮSOB ROZŠÍŘOVÁNÍ KONCŮ TRUBEK – ROZŠÍŘOVÁNÍ RADIÁLNÍMI ČELISTMI.....	- 28 -
3.1.1. Použití	- 28 -
3.1.2. Technologický postup	- 28 -
3.1.3. Nástroj	- 28 -
3.2. ZPŮSOB VÝROBY ROZŠÍŘENÝCH SMĚREM KE KONCI SE OPĚT ZUŽUJÍCÍCH ÚTVARŮ NA KONCÍCH TRUBEK A ZAŘÍZENÍ K JEHO PROVÁDĚNÍ – ROZŠÍŘOVÁNÍ POMOCÍ RADIÁLNÍCH ČELISTÍ.....	- 30 -
3.2.1. Využití	- 30 -
3.2.2. Technologický postup	- 30 -
4. KVALITA ROZŠÍŘENÍ KONCŮ TRUBEK	- 34 -
4.1. KONTROLA TĚSNOSTI SPOJŮ	- 34 -
4.1.1. Zkouška tlakem kapaliny	- 34 -
4.1.2. Zkouška tlakem plynu	- 35 -
4.1.3. Zkoušky netěsnosti s využitím vakuometrů.....	- 35 -
4.1.4. Ostatní zkoušky.....	- 35 -
5. ZÁVĚR.....	- 36 -

1. ÚVOD

Rozšiřování konců trubek je v dnešní době stále velmi využívanou metodou k úpravě konců trubek, a to především pro její snadné vyřešení spojení dvou konců trubek. Nejčastější využití se nachází ve spojování trubek vodovodního potrubí, v sanitární technice ke spojení trubek pro rozvod teplé vody v ústředním topení, v automobilním průmyslu ke spojení palivových a výfukových systémů, k napojení vzduchových systémů pro klimatizaci objektů, v konstrukcích draku letounů apod. Rozsah materiálů, které lze touto metodou tvářet je široký. Podmínkou je však elastické chování, které tento materiál musí mít, aby nedocházelo k trhlinám a podélným rýhám.

Cílem mé práce je vytvoření přehledu současných výrobních metod a přehledu moderních metod rozšiřování konců trubek v technologii tváření, dále popis těchto metod, moderní výrobní postupy a příklady vyráběných součástí. Příklady některých vyráběných součástí jsou vyobrazeny na obr. 1.



Obr. 1 Příklady zhotovených součástí [6],[8],[9],[13],[14]

2. ÚPRAVA KONCŮ TRUBEK TVÁŘENÍM – ROZŠÍŘOVÁNÍ [1],[2]

Jedná se o technologickou operaci používanou k úpravě konců trubek, při níž dochází k zvětšení příčného průřezu dutého tělesa, tedy trubky, která má být součástí rozebíratelných systémů, jako jsou například:

- a) dílce hydraulických systémů ve speciální technice,
- b) dílce palivových systémů ve speciální technice,
- c) vzduchových systémů ve speciální technice,
- d) mazacích systémů ve speciální technice,
- e) konstrukce draku letounu (konstrukční součásti trupu kormidel, motorových loží),
- f) soustavy řízení letounu.

2.1. MATERIÁLY [5]

Využívají se materiály, které jsou tvárné a mají elastické chování. Využitím těchto materiálů předejdeme výskytu vad na rozšířených koncích trubky, jako jsou trhliny a podélné rýhy. Dále jsou vhodné materiály s tvarovou pamětí, které se po rozšíření snaží okamžitě navrátit do původního tvaru a tak k nasunutému nerozšířenému konci trubky přilnou.

Nejčastěji používané materiály:

- slitiny hliníku,
- uhlíková a nerezavějící ocel,
- měď,
- mosaz,
- polyolefiny,
- polyethyleny,
- polyvinylchloridy.

2.2. NÁSTROJE NA ROZŠÍŘOVÁNÍ DUTÝCH TĚLES (TRUBEK) [4]

Dělíme je do tří základních skupin:

- a) pevné nástroje
 - rozválnovací trn, rozpínací trn, rotující trn, radiálně se rozpínající čelisti, rozšiřování osovým tlakem, zaválnování trubek v trubkovnici
- b) nepevné nástroje
 - vodní vak, guma (pryž), tlak plynu, tlakovou vlnou, magnetické pole
- c) speciální metody
 - pomocí výbuchu, elektrickým výbojem, elektrohydraulické rozšiřování, rozšiřováním magnetickým polem.

2.3. METODY POUŽÍVANÉ K ROZŠÍŘOVÁNÍ KONCŮ TRUBEK [4]

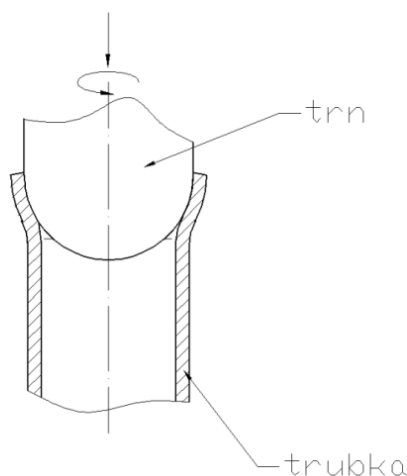
V této kapitole je blíže popsáno několik metod používaných v dnešní době ve firmách, které tuto metodu používají pro montáž svých výrobků.

2.3.1. S použitím pevného nástroje [4]

Tyto metody spočívají v přímém kontaktu nástroje, který v průběhu tváření nemění výrazně svůj tvar.

Rozšiřování rotujícím trnem [4]

Tato metoda je jedna z nejjednodušších metod rozšíření konce dutých těles. Rozšíření se děje posuvem trnu ve směru osy dutého tělesa a zároveň rotací trnu kolem své osy. Na obr. 2 je schéma rotujícího trnu, který svým tvarem zajistí postupné rozšíření. Při této metodě je vhodné použít olej, který zaručí plynulý pohyb trnu v trubce a zároveň zabraňuje většímu přehřívání. Obr. 3 znázorňuje soustruh uzpůsobený této metodě.



Obr.2 Schéma rotujícího trnu[4]



Obr.3 T-DRILL Tube End Spinners SP-55[10]

Výhody metody:

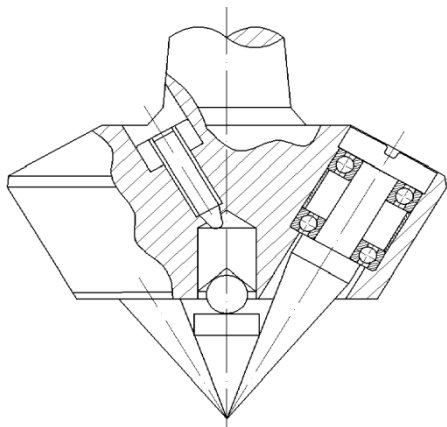
- jednoduché řešení nástroje,
- možnost použití v terénu,
- možnost použití na veškeré rozměry tenkostěnných dutých těles,
- jednoduchá manipulace,
- při použití výrazně elastických materiálů lze vynechat rotační pohyb trnu – zjednodušení metody.

Nevýhody metody:

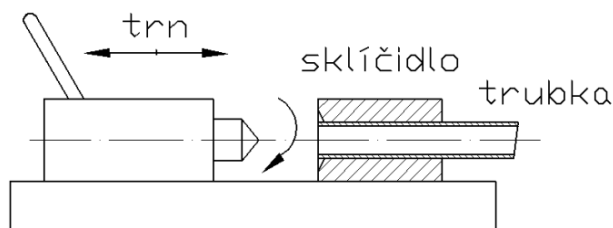
- při větších rozměrech je nutné použití činidla (oleje),
- nelze použít na všechny typy rozšíření,
- kvalita rozšíření není dostatečná pro všechny typy spojů - použití je možné pouze u podřadných spojů,
- nelze vyrobít složitější tvar rozšířeného konce trubky.

Rozšiřování rozválnocovacím trnem [1],[2]

Pro výrobu kuželového hrdla se používají speciální rozválnocovací trny, jejichž schéma je znázorněno na obr. 4. Tento nástroj lze upnout do vřetene vrtačky nebo do jednoúčelového stroje, které je na obr. 5. Dále se používá trn s kuželovým zakončením.



Obr. 4. Schéma rozválnocovacího trnu [1],[2]



Obr. 5. Schéma přípravku na rozválnocování trubek [1],[2]

Výhody metody:

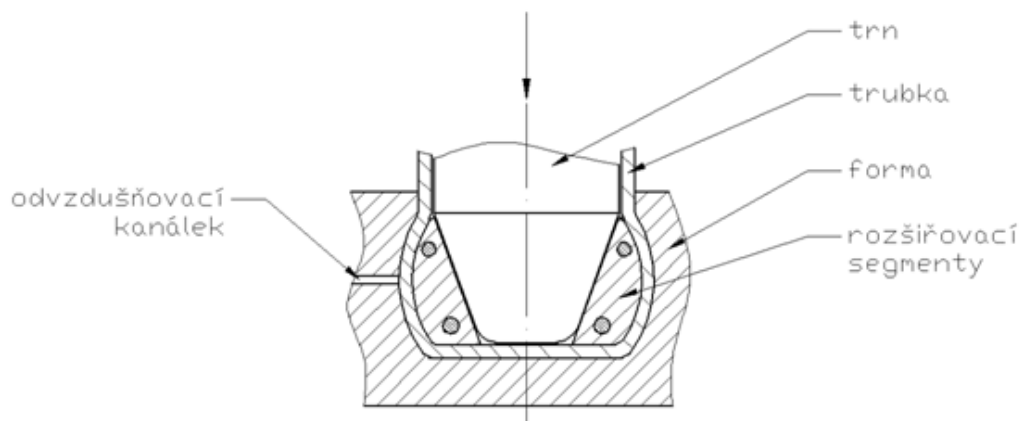
- možnost použití na běžných konvenčních soustruzích,
- snadno automatizovaná metoda v sériových výrobách,
- jednoduchá manipulace.

Nevýhoda metody:

- nutnost použití stroje,
- omezená životnost ložisek.

Rozšiřování rozpínacím trnem [4]

Metoda spočívá v zasouvání trnu do segmentů, jejímž tvarem je zajištěno rozšíření dutého tělesa. Velikost rozšíření je omezeno formou, která má tvar konečného rozměru dutého tělesa. Forma je opatřena odvzdušňovacím kanálkem, který zamezí vzniku přetlaku uvnitř formy. Na obr. 6 je uvedeno schéma rozšiřování rozpínacím trnem.



Obr. 6 Schéma rozšiřování rozpínacím trnem [4]

Výhody metody:

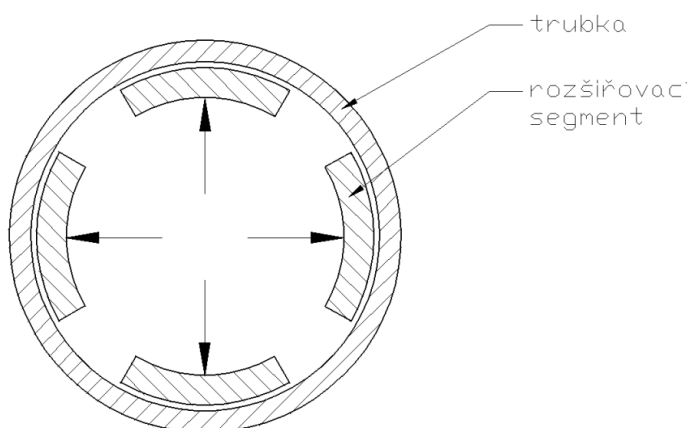
- lze dosáhnout tvar rozšíření, který pouhým trnem nedosáhneme - tvar rozšíření je dán tvarem segmentů – možnost složitějších profilů rozšíření,
- kvalita rozšíření je větší než při použití jen rotačního trnu, při píchování trubky dochází k zesílení stěny trubky, které eliminuje zeslabení stěny vzniklé zvětšením průměru koncové části trubky.

Nevýhody metody:

- nutnost použití čínidla (oleje),
- pro každý průměr dutého tělesa je typický rozměr segmentů,
- složitější konstrukce nástroje – drahý.

Rozšiřování radiálními čelistmi [4]

Princip metody spočívá v čelistech, které mají schopnost se radiálně rozšiřovat vůči ose dutého tělesa. Při radiálním posuvu segmentů čelistí dojde k dosednutí na vnitřní stěnu dutého tělesa a k jeho rozšíření. Tento postup se opakuje do dosažení tíženého rozšíření. Schéma metody je vyobrazeno na obr. 7. Na obr. 8 jsou nástroje na radiální rozšiřování trubek. Obr. 9 a obr. 10 vyobrazuje přístroje k radiálnímu rozšiřování, které jsou přenosné a lze je použít například při montáži rozvodů Cu trubek ústředního potrubí.



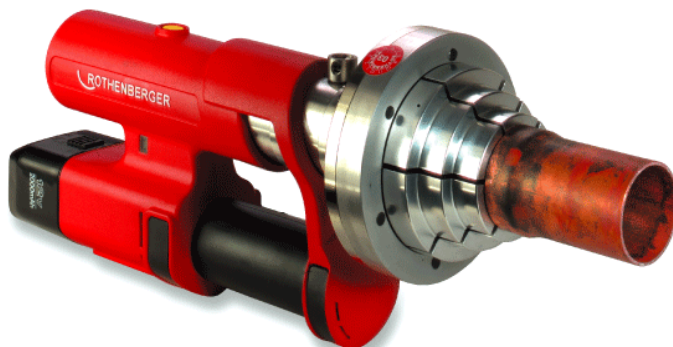
Obr.7 Schéma rozšiřování radiálními čelistmi [4]



Obr.8 Přípravky na rozšiřování trubek [11]



Obr.9 Akumulátorový elektrohydraulický expandér [7]



Obr.10 Elektrohydraulický stupňovitý AKU-expandér [7]

Výhody metody:

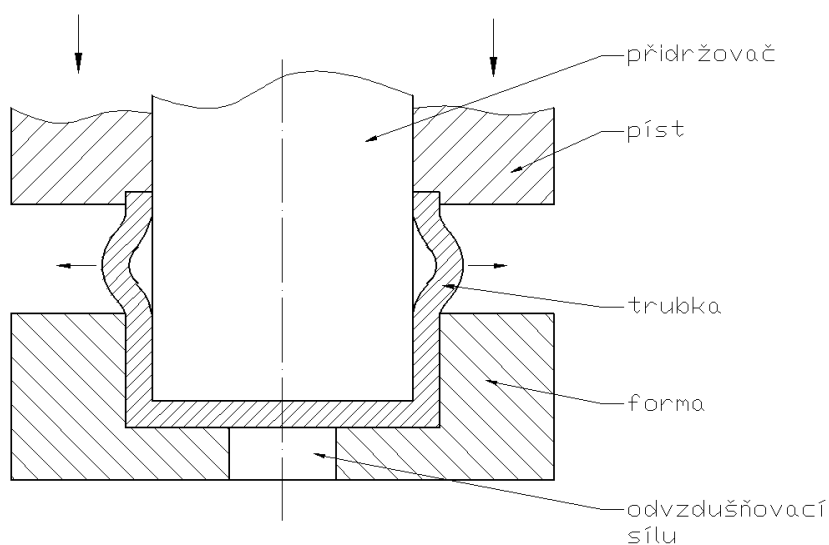
- lze použít pro materiály s větším přetvárným odporem – radiální posunutí je relativně menší než posunutí do dutého tělesa, tím nedochází k trhlinám ani podélným rýhám ve vnitřní straně dutého tělesa,
- nedochází k úniku přenášeného média dutým tělesem,
- vyvození radiálního posuvu se děje přes pružinu, tím je chod stejnoměrný,
- libovolné zvolení přístroje pro vyvození rotačního pohybu, který je posléze přeměněn na pohyb translační.

Nevýhody metody:

- složitější nástroj – cena,
- nutnost použití přístroje na vyvození kroutícího momentu, který je přenesen přes vačku na píst.

Rozšiřování osovým tlakem [4]

Princip metody spočívá v rozšíření dutého tělesa (trubky) v místě, kde se neopírá o formu, a tak se duté těleso (trubka) rozšiřuje radiálně vůči ose nástroje. Tato metoda je podobná rozšiřování osovým pěchováním a je vyobrazena na obr. 11. Vyvození osově síly se vyvozuje pomocí lisů.



Obr.11 Schéma rozšiřování osovým tlakem [4]

Výhoda metody:

- možnost vytvoření drážky pro těsnění,
- jednoduchá metoda.

Nevýhoda metody:

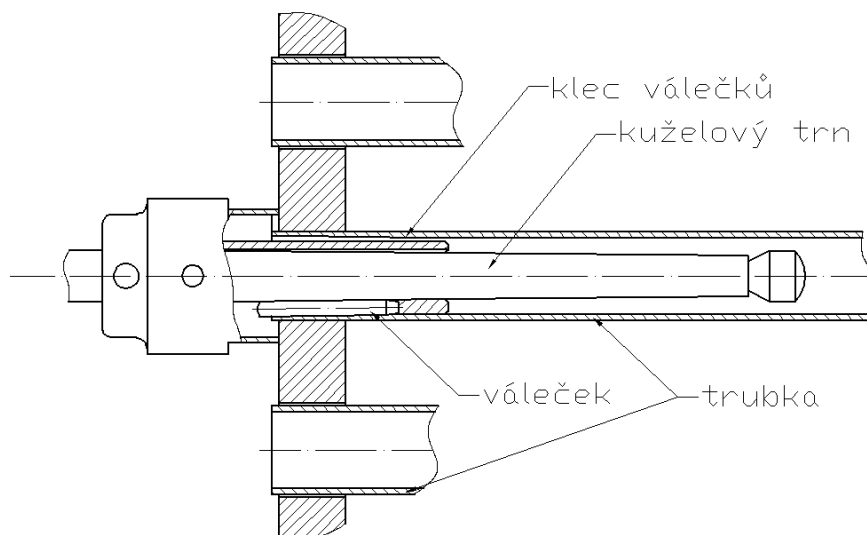
- nutnost použití odvzdušňovacího kanálku.

Technologie zaválcování trubek [3]

Princip práce technologie zaválcování: Osa válečků zaválcovacího strojku je skloněna proti ose kužellového trnu o 2° až 3° , takže při otáčení trnu se současně otáčejí i válečky, vedené ve správné poloze klecí a posouvají trn vpřed. Schéma zaválcování trubek je vyobrazeno na obr. 12. Na obr. 13 je přenosná pneumatická zaválcovačka PZ 400.

Zaválcování trubek je prováděno:

- ručně poháněnými válcovacími strojky (zaválcovačkami), přičemž jakost spoje závisela vždy na zkušenostech valčíře,
- za pomoci pneumatických vrtaček,
- v současnosti za pomoci pneumatických utahováků a speciálních zaválcovaček.



Obr.12 Schéma zaválcování trubek [3]



Obr.13 Pneumatická zaválcovačka PZ 400 [12]

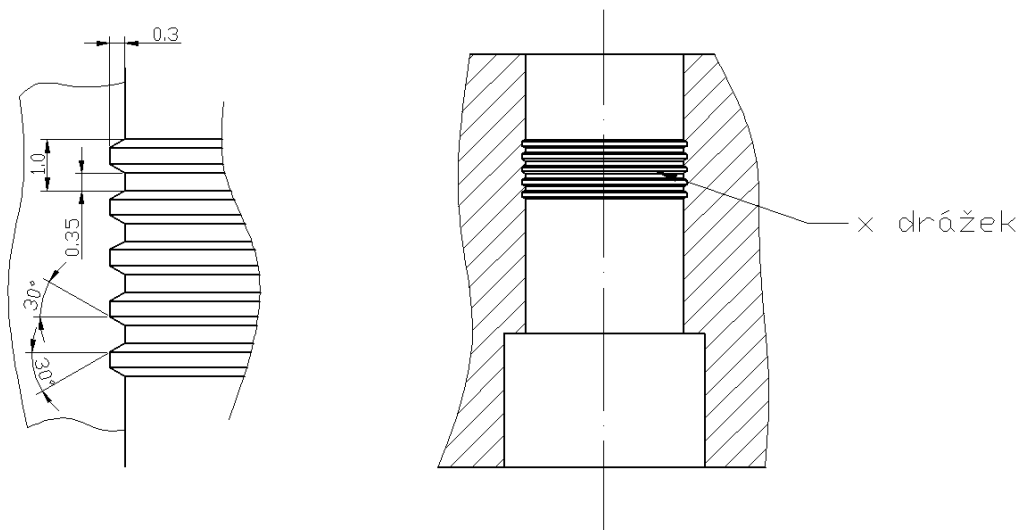
Stanovení optimální světlosti $\varnothing d$ trubky v místě zaválcování: [3]

$$d = D - 2s \left(1 - \frac{z}{100} \right) \quad (2.1)$$

kde:	d	světlost (vnitřní průměr) trubky po zaválcování,	[mm]
	D	skutečný průměr vyvrtaného otvoru,	[mm]
	s	tloušťka stěny trubky,	[mm]
	z	procento rozválcování	[%]

Výhoda metody:

- ke zlepšení těsnosti spoje je výhodné využít technologie hřebílkování, jejíž schéma je na obr. 14. Do otvoru se vyrobí až 7 mělkých drážek vedle sebe ve tvaru hřebínku; hloubka drážek je 0,3 mm. Zatékání materiálu do mělkých drážek je podstatně lepší. Hladký spoj s hřebínkem dokonale zaválcovaný je plně vyhovující. Takovéto zaválcované spoje plně vyhovují do přetlaku 8MPa až 10MPa. Je možno je využít až do přetlaku 20MPa.

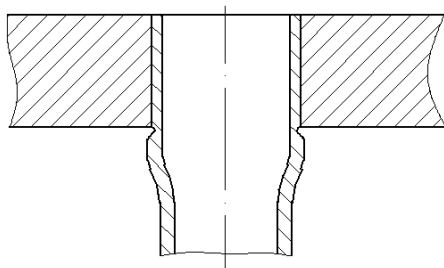


Obr. 14 Hřebílkový spoj a jeho detail [3]

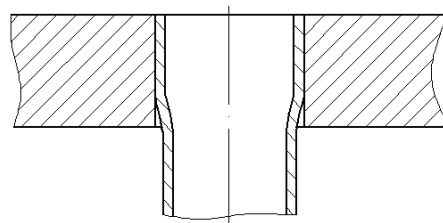
Nevýhoda metody:

- při zaválcování dlouhých spojů obvyklou technologií by docházelo k nadměrnému tečení materiálu axiálním směrem a k nerovnoměrnému zaválcování v podélném směru,
- zaválcovaný spoj trubky netěsní – příčina netěsnosti bývá často v tom, že trubky jsou převálcovány, to znamená, že při válcování byl materiál konce trubky válcovačkou tak silně tvářen, že se překročila nejen jeho mez pružnosti, ale i mez pevnosti a v materiálu trubky vznikly trhliny,
- převálcování trubky do délky – způsobuje netěsnosti spoje, viz. obr. 15. V tomto případě je převálcování trubky v délce větší, než je tloušťka trubkovnice, což způsobí zařiznutí trubky a následně vrub, který je příčinou utržení trubky,
- nedoválcování trubky do délky – vzniká mezi trubkou a stěnou trubkovnice mezera, viz. obr. 16, která se převážně u chemických zařízení vlivem koroze zvětšuje, až zkoroduje celý spoj,

- pronášení trubek – což je závada, která vzniká při válcování trubek, přičemž průvodním jevem je namáhání těchto trubek na vzpěr tak, že se prohýbají uvnitř zařízení (má vliv na jeho funkci).



Obr.15 Přeuválcování trubky [3]



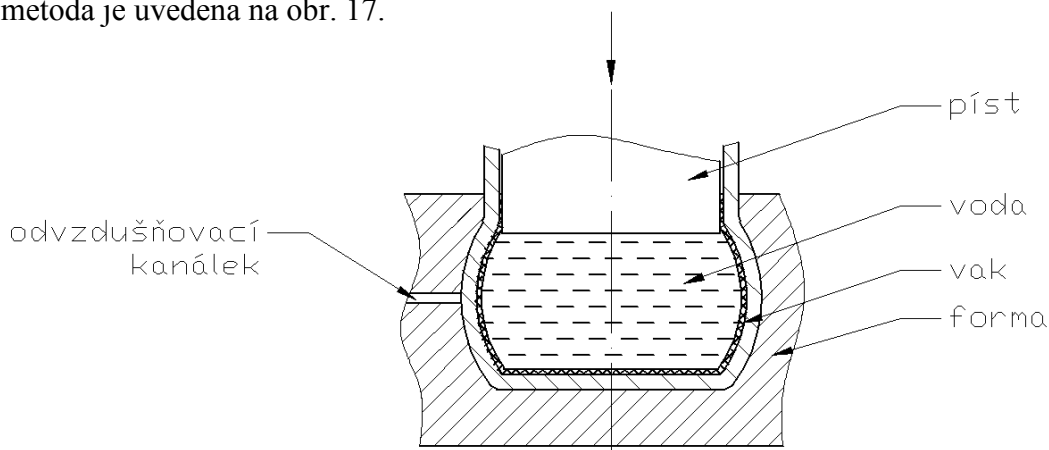
Obr.16 Nedoválcování trubky [3]

2.3.2. S použitím nepevného nástroje [5]

Tyto metody spočívají v přímém kontaktu nástroje a tvářeného konce trubky, kdy tento nástroj v průběhu tváření mění svůj tvar.

Rozšiřování vodním vakem [4]

Tato metoda spočívá v působení tlaku na stěnu dutého tělesa, přenášeného pomocí vaku, který je napuštěn kapalinou (vodou). Tlak se přenáší z pístu na kapalinu (vodu), která působí na stěnu dutého tělesa rovnoměrně, a tak dochází k rozšíření o konstantní tloušťce stěny. Velikost rozšíření je omezeno formou, která má tvar konečného rozměru dutého tělesa. Forma je opatřena odvzdušňovacím kanálkem, který zamezí vzniku přetlaku uvnitř formy. Tato metoda je uvedena na obr. 17.



Obr.17 Schéma rozšiřování vodním vakem [4]

Výhody metody:

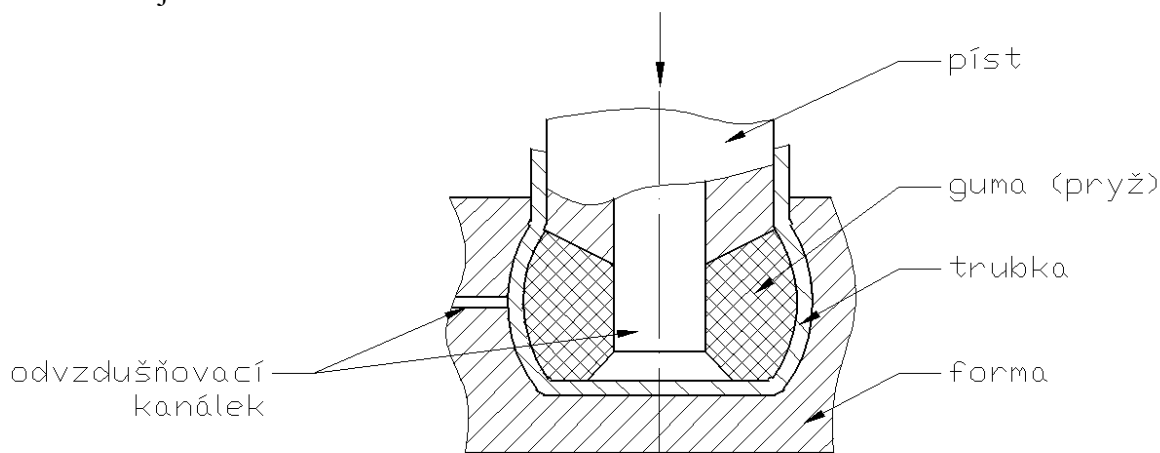
- kapalina (voda) působí rovnoměrně na rozšiřovanou část – konstantní tloušťka stěny,
- libovolný tvar formy,
- jednoduchá manipulace.

Nevýhody metody:

- nutnost zajištění netěsností mezi vakem a pístem,
- tlak v kapalině je omezen použitím těsnění mezi pístem a vakem – maximální zatěžující síla.

Rozšiřování gumou (pryží) [4]

Tato metoda je velice podobná metodě rozšiřování vodním vakem, na rozdíl od předchozí metody zde není jako přenos tlaku použita kapalina, ale guma (pryž), která podobně jako kapalina rozloží napětí na celou plochu rozšiřované trubky. Velikost rozšíření je omezena formou, která má tvar konečného rozměru dutého tělesa. Forma je opatřena odvodušňovacím kanálkem, který zamezí vzniku přetlaku uvnitř formy. Tato metoda je uvedena na obr. 18.



Obr.18 Schéma rozšiřování gumou (pryží) [4]

Výhody metody:

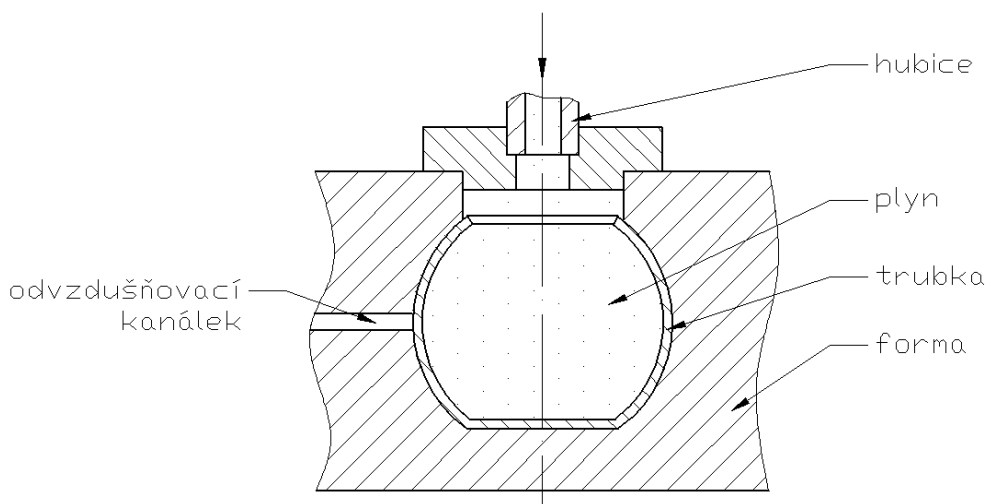
- guma (pryž) působí rovnoměrně na rozšiřovanou část – konstantní tloušťka stěny,
- libovolný tvar formy,
- jednoduchá manipulace.

Nevýhody metody:

- gumu (pryž) je nutné po několika použitích vyměnit – prodražení metody,
- složitější nástroj,
- nutnost použití odvodušňovacího kanálku.

Rozšiřování tlakem plynu [4]

Síla u této metody je vyvozena tlakem plynu na stěny dutého tělesa (trubky). Princip je podobný jako u metody rozšiřování vodním vakem a je uveden na obr. 19. Plyn je do formy přiveden hubicí. Velikost rozšíření je omezeno formou, která má tvar konečného rozměru dutého tělesa. Forma je opatřena odvodušňovacím kanálkem, který zamezí vzniku přetlaku uvnitř formy.



Obr.19 Schéma rozšiřování tlakem plynu [4]

Výhody metody:

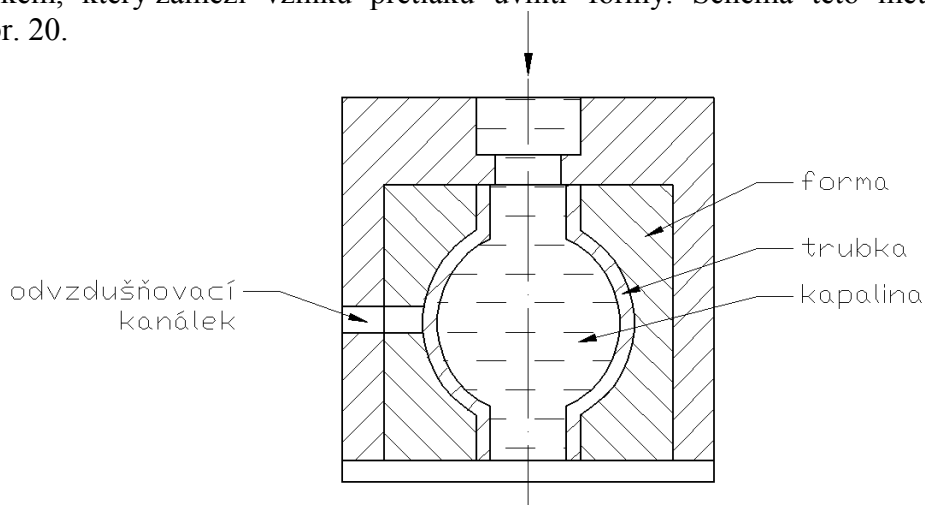
- plyn působí rovnoměrně na rozšiřovanou část – konstantní tloušťka stěny,
- nedochází k opotřebení nástroje,
- libovolný tvar formy.

Nevýhody metody:

- nutnost zajištění netěsností,
- složitější nástroj,
- nutnost použití odvzdušňovacího kanálku.

Rozšiřování tlakovou vlnou [4]

Princip metody je stejný jako u metody rozšiřování vodním vakem nebo tlakem plynu. Hlavní rozdíl je v délce trvání působení média. Při rozšiřování tlakovou vlnou je působení na duté těleso (trubku) médiem jen po krátký časový úsek. Velikost rozšíření je omezeno formou, která má tvar konečného rozměru dutého tělesa. Forma je opatřena odvzdušňovacím kanálkem, který zamezí vzniku přetlaku uvnitř formy. Schéma této metody je uvedeno na obr. 20.



Obr.20 Schéma metody rozšiřování tlakovou vlnou[4]

Výhoda metody:

- plyn nebo kapalina působí rovnoměrně na rozšiřovanou část – konstantní tloušťka stěny,
- nedochází k opotřebení nástroje,
- libovolný tvar formy.

Nevýhody metody:

- nutnost zajištění netěsností,
- složitější nástroj,
- nutnost použití odvětrávacího kanálku.

2.3.3. Speciální metody [5]

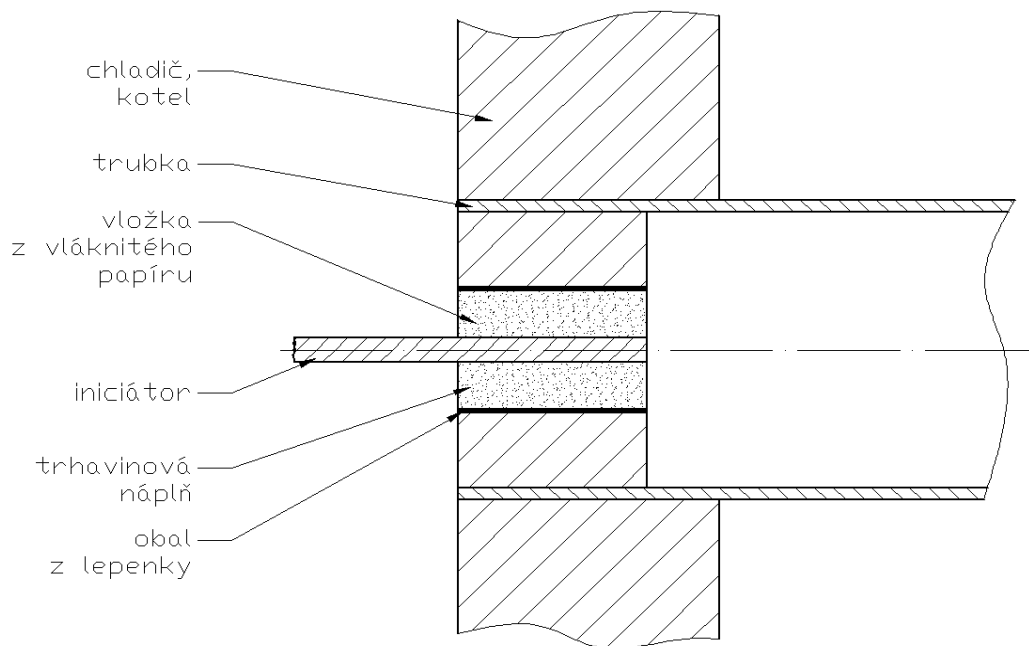
Tato kapitola pojednává o některých metodách rozšíření konců trubek speciálními technologickými postupy.

Rozšiřování konců trubek výbuchem [5]

Metoda je nejvíce používána pro upevňování trubek do trubkovnic, výměníků tepla a reaktorů apod. Tato technologie se také používá pro zaslepování vadných trubek. Schéma metody je vyobrazeno schématem na obr. 21. Můžeme ji rozdělit na dvě varianty a to:

- provedení explozivního spoje, přičemž stále existuje viditelná hranice mezi trubkou a trubkovicí,
- explozivní svaření spoje, při kterém vznikne nerozebíratelný spoj.

Detonační rychlost trhaviny je v rozmezí $155 - 4\,500 \text{ m.s}^{-1}$, nárazová rychlost trubky je přibližně 100 m.s^{-1} , tlak na stykové ploše dosahuje až $1,3 \cdot 10^4 \text{ MPa}$.



Obr. 21 Schéma rozšiřování konců trubek pomocí výbuchu [5]

Výhody metody:

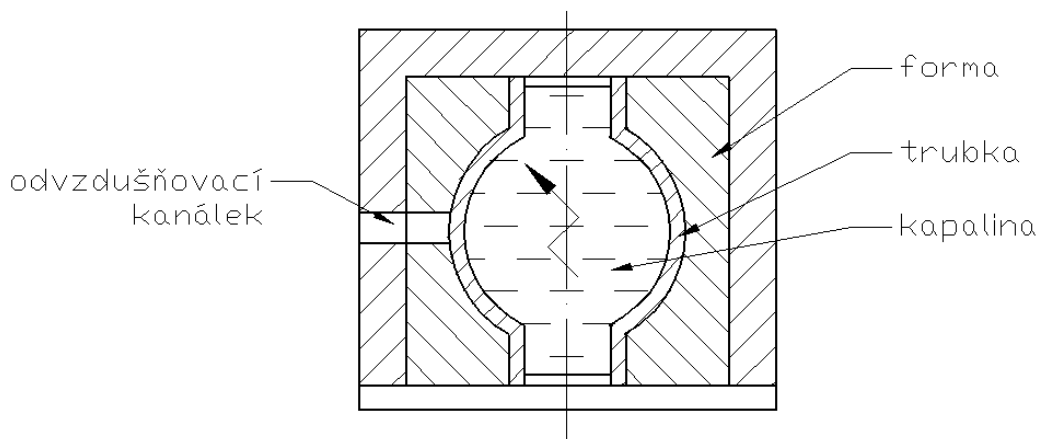
- jediná metoda, která umožňuje upevnění trubky přímo do trubkovnice,
- vzniká velice pevný a utěsněný spoj.

Nevýhoda metody:

- velká pracnost metody,
- potřeba specializované obsluhy.

Rozšiřování elektrohydraulické [4]

Metoda je založena na tlakové vlně, která je vyvolaná elektrickým výbojem v kapalině například ve vodě. Velikost rozšíření je omezeno formou, která má tvar konečného rozměru dutého tělesa. Forma je opatřena odvzdušňovacím kanálkem, který zamezí vzniku přetlaku uvnitř formy. Schéma této metody je vyobrazeno na obr. 22.



Obr.22 Schéma elektrohydraulického rozšiřování [4]

Výhody metody:

- nedochází k opotřebení nástroje,
- rovnoměrné působení na rozšiřovanou stěnu trubky.

Nevýhody metody:

- nutnost utěsnění formy,
- nutnost použití odvzdušňovacího kanálku.

3. MODERNÍ METODY ROZŠÍŘOVÁNÍ KONCŮ TRUBEK

V této části práce jsou popsány některé metody rozšiřování konců trubek používané v současné době.

3.1. NÁSTROJ NA ROZŠÍŘOVÁNÍ KONCŮ TRUBEK A ZPŮSOB ROZŠÍŘOVÁNÍ KONCŮ TRUBEK – ROZŠÍŘOVÁNÍ RADIÁLNÍMI ČELISTMI [5]

Tuto metodu a pracovní postup vynalezli ve švédské firmě Wirsbo Bruks AB, která si svůj technologický postup výroby na rozšiřování konců trubek a nástroj na rozšiřování konců trubek nechala přihlásit na patentovém úřadě v roce 1994 a ten jí byl poté roku 1998 přiznán. Hlavním předmětem tohoto patentu bylo vylepšení nástroje tak, aby byl eliminován vznik vad na vnitřní straně rozšiřované trubky.

3.1.1. Použití [5]

Tento způsob rozšiřování konce trubky se často používá pro vytvoření spojení trubek, zejména pro rozšiřování plastových trubek, které mají tvarovou paměť, to znamená trubek, které se ihned po svém roztahení automaticky snaží navrátit v podstatě do svého původního tvaru.

3.1.2. Technologický postup [5]

Nástroj, který využívá radiálně se rozšiřujících čelistí vůči ose nástroje a ose trubky. Čelisti se vsunou do trubky tak, aby osa nástroje byla totožná s osou trubky. Poté čelisti opatřené vnějšími plochami, které mají v průřezu tvar oblouku a slouží k lepšímu dosedu čelistí na trubku se opřou o vnitřní stěnu trubky a dochází k radiálnímu posuvu čelistí, a to má za následek rozšíření trubky v jejím konci. Jakmile se čelisti rozevřou na maximum, dochází k návratu čelistí do původní zatažené polohy. V zatažené poloze se vsunou dále do trubky a opět rozevřou. Tento postup se opakuje několikrát, dokud nedosáhneme požadovaného rozšíření.

Výhoda metody:

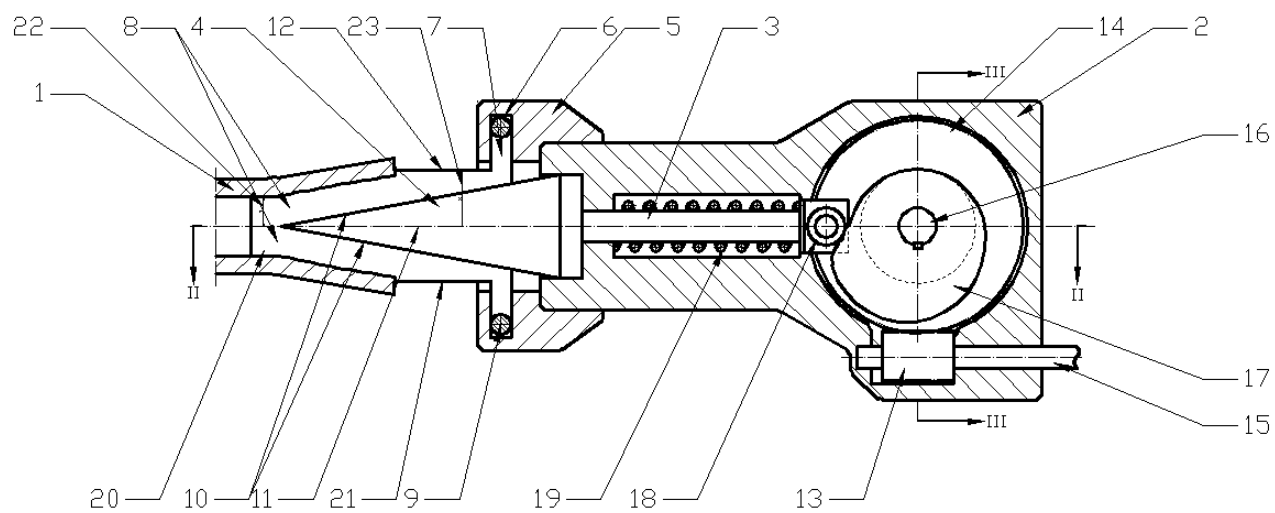
- poměr radiálního posunutí čelistí je relativně malý oproti posunutí axiálnímu do trubky, nedochází tak v jednom kroku k velkým změnám tvaru trubky, a tak nevznikají ve vnitřní straně rýhy nebo souvislé drážky,
- nedochází k úniku tekutin do okolí spojem trubek vyrobených rozšířením jednoho konce trubky a nasazením nerozšířeného konce trubky druhé.

Nevýhoda metody:

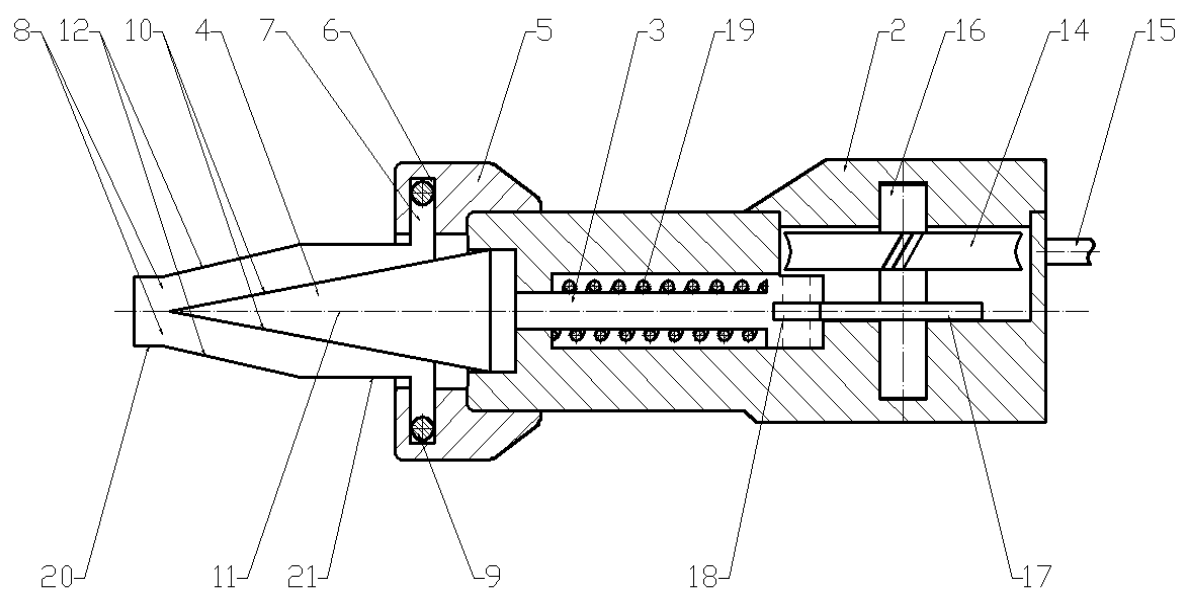
- složitý nástroj,
- nevytváří drážku pro těsnění.

3.1.3. Nástroj [5]

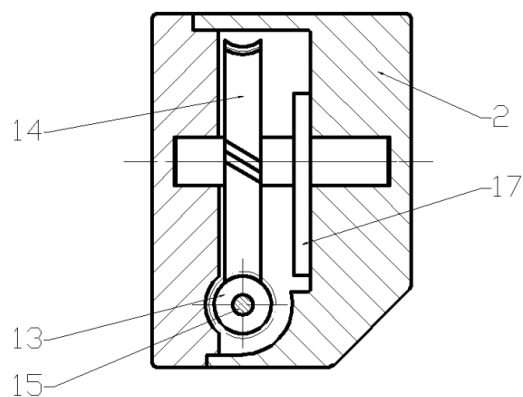
Nástroj (obr. 23, obr. 24, obr. 25, obr. 26) pracuje na principu rozšiřujících se čelistí, které jsou pohyblivé radiálně vůči středové ose. K pohybu dochází točením hřídele, na které je pevně umístěna vačka (tvar na vyvození axiálního posuvu), která se opírá o další hřídel a ta přenáší axiální pohyb přes pružinu, která působení síly přenesou kontinuálně na hrot. Hrot se vsune do čelistí, které se začnou radiálně posunovat, oddalovat se od středové osy.



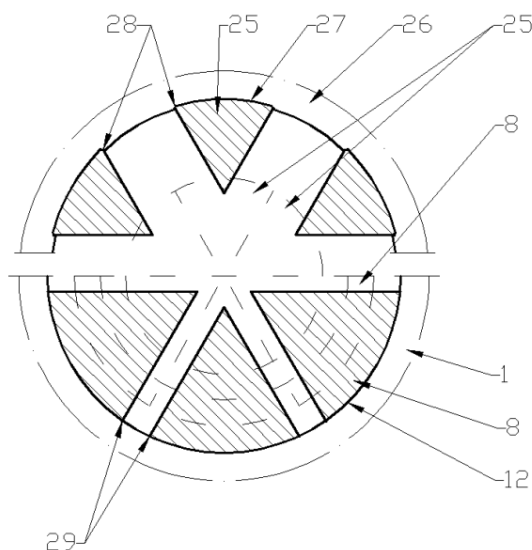
Obr. 23 Nástroj na rozšiřování trubek [5]



Obr. 24 Nástroj na rozšiřování trubek - řez II-II [5]



Obr. 25 Nástroj na rozšiřování trubek – řez III-III [5]



Obr. 26 Příčný řez nástrojem – čelisti v roztaženém stavu (horní část obrázku), čelisti v zataženém stavu (dolní část obrázku) [5]

1 - trubka, 2 - pouzdro nástroje, 3 - píst, 4 - přední špičatý konec, 5 - kryt pouzdra, 6 - kruhová drážka, 7 - radiální část čelistí, 8 - čelisti, 9 - pružný kroužek, 10 - zkosené plochy čelistí, 11 - středová osa, 12 - vnější plochy čelistí, 13 - ozubená předloha, 14 - ozubené kolo, 15 - hnací vstupní hřídel, 16 - hnací hřídel, 17 - vačkový kotouč, 18 - kladka, 19 - tlačná pružina, 20 - zasunovací konec, 21 - protilehlý konec, 22 - radiální vzdálenost, 23 - radiální vzdálenost, 25 - čelisti v zatažené poloze, 26 - nerozšířený konec trubky, 27 - vnější plochy, 28 - okraje vnějších ploch, 29 - okraje čelistí v roztaženém stavu

3.2. ZPŮSOB VÝROBY ROZŠÍŘENÝCH SMĚREM KE KONCI SE OPĚT ZUŽUJÍCÍCH ÚTVARŮ NA KONCÍCH TRUBEK A ZAŘÍZENÍ K JEHO PROVÁDĚNÍ – ROZŠÍŘOVÁNÍ POMOCÍ RADIÁLNÍCH ČELISTÍ [5]

Tato metoda je v dnešní době jedna z nejpoužívanějších metod spojování trubek, u kterých je zapotřebí v jejich spoji použít těsnění pro zamezení průniků média do okolí.

3.2.1. Využití [5]

Tato metoda se především používá pro zhotovení rozšířených, směrem ke konci se opět zužujících útvarů trubek. Rozšíření vnitřního průměru je nutné provést, mají-li se trubky spojovat hrdlovými spoji.

3.2.2. Technologický postup [5]

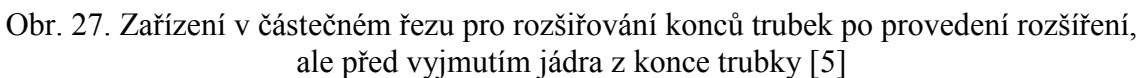
Do trubky, která má teplotu tváření, se nasune jádro, které je měnitelného tvaru a během tvarování trubky zůstává ve tvaru odpovídajícím žádanému vnitřnímu rozšíření trubky. Trubka se nechá na jádru utuhnout a pak se jádro změnou svého tvaru například rozložením, odstraní z konce trubky, vyznačený tím, že se uvedení jádra do tvaru, odpovídajícího žádanému vnitřnímu rozšíření trubky, provede již před zasunutím jádra do zahřátého konce trubky. Stroj na provádění této metody je uveden na obr. 27. Další schémata zobrazují řezy tohoto stroje, které jsou uvedeny pro snadné pochopení principu této

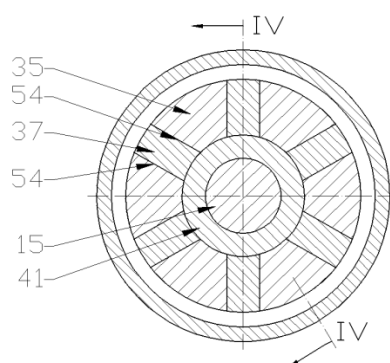
Výhody metody:

- vytvoření drážky pro těsnění,
- při pěchování trubky dochází k zesílení stěny trubky, které eliminuje zeslabení stěny vzniklé zvětšením průměru koncové části trubky,
- lehce nastavitelné ovládání pohonu pro měnění tvaru jádra, upínacího zařízení, upínacího zařízení. Snadno nastavitelné chladičové zařízení pro chlazení rozšířeného konce trubky.

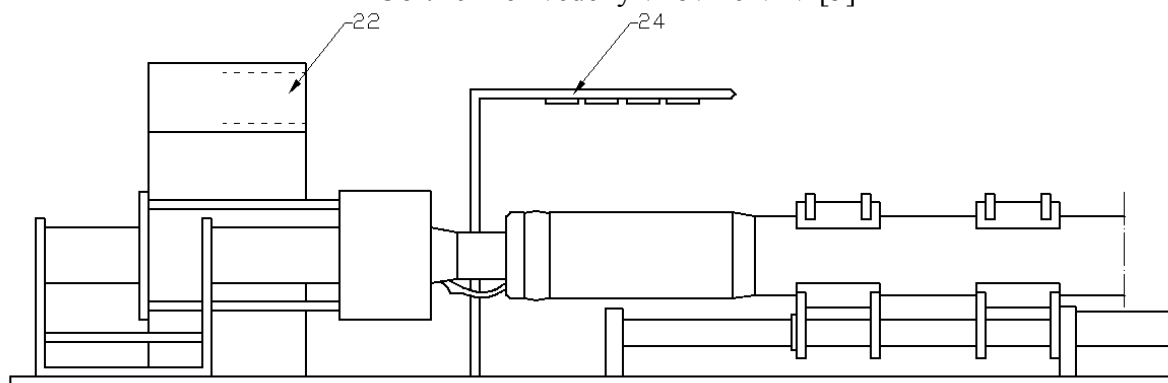
- vytvoření drážky pro těsnění,
- při přechování trubky dochází k zesílení stěny trubky, které eliminuje zeslabení stěny vzniklé zvětšením průměru koncové části trubky,
- lehce nastavitelné ovládání pohonu pro měnění tvaru jádra, upínacího zařízení, upínacího zařízení. Snadno nastavitelné chladicí zařízení pro chlazení rozšířeného konce trubky.

- nutnost použití čididla – oleje (neekologické),
- použitý stroj je složitý a tedy drahý,
- nepřenosné zařízení.

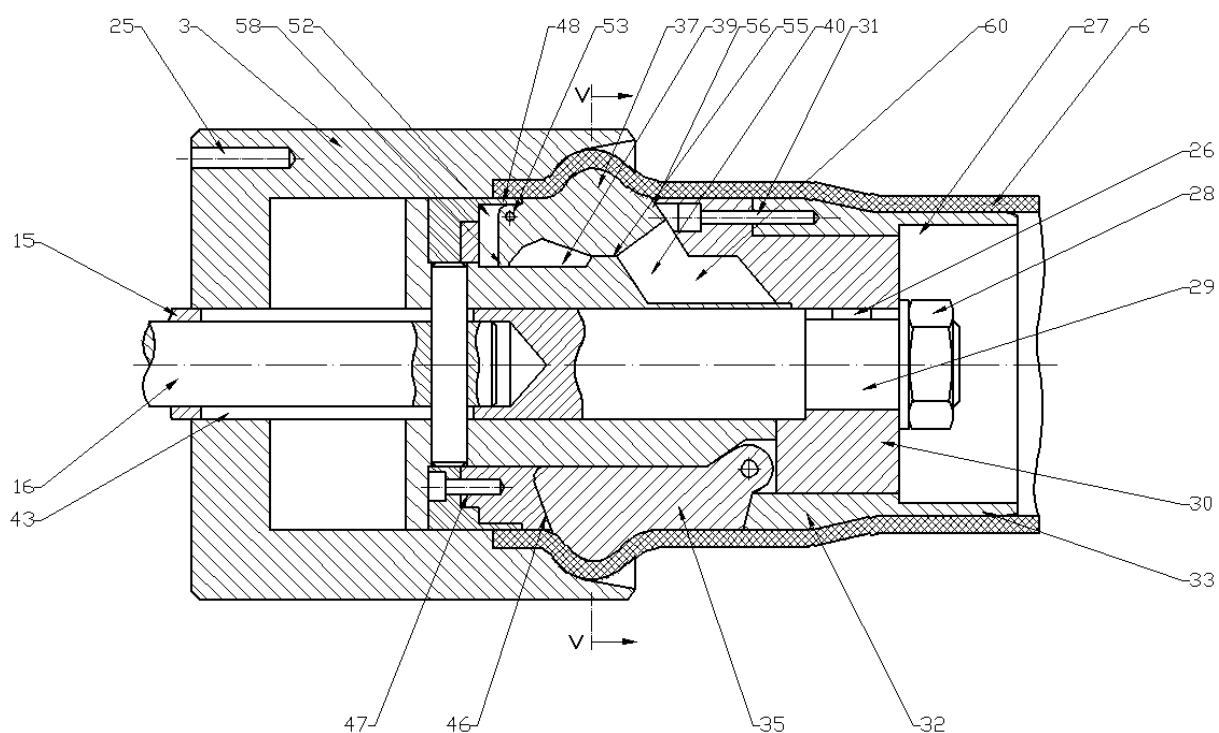




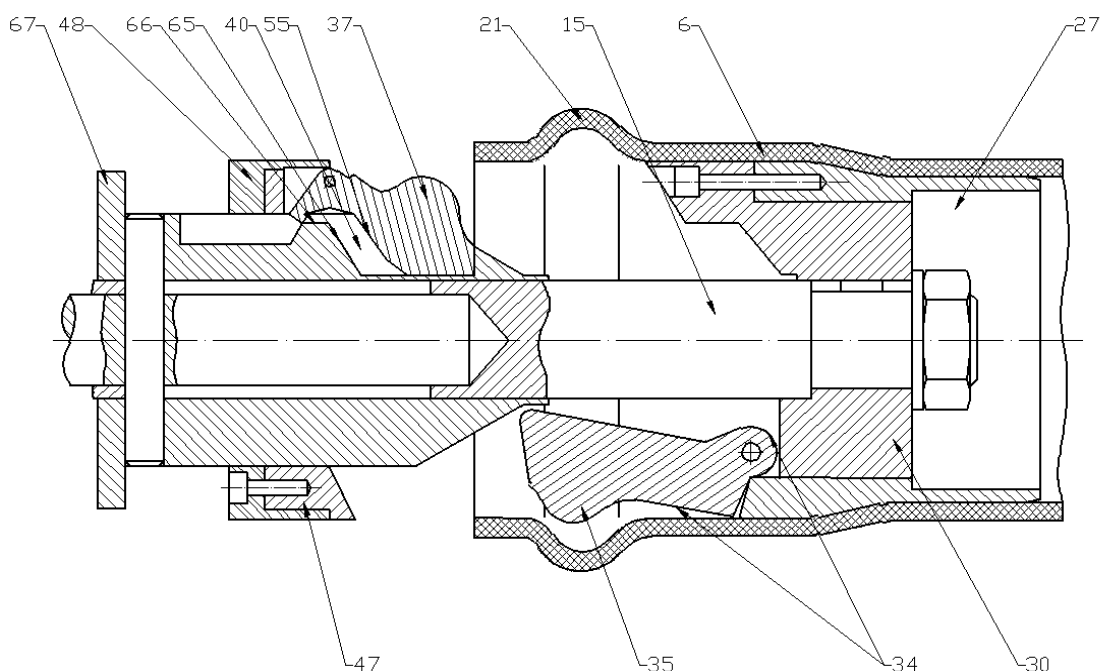
Obr. 29 Řez vedený v rovině V-V [5]



Obr. 30 Zařízení pro rozšiřování konců trubek po provedení rozšíření a po vyjmutí jádra z konce trubky [5]



Obr. 31 Podélný řez jádrem, které je stále zasunuto do rozšířeného konce trubky, přes který je nasunut kalibrovací a přitlačovací válec. Řez je veden rovinou V-V [5]



Obr. 32 Obdobný řez jako na obr. 31, ale po rozebrání jádra umožňující sejmutí konce trubky s jádra [5]

1 – upínací ústrojí, 2 - jádro, 3 - kalibrovací a přítlačný válec, 4 - hnací zařízení pro jádro a válec, 5 - tyče pro posuv, 6 - upínací čelisti, 7 - hydraulický upínací válec, 8 - trubka, 9 a 10 - plechové segmenty, 11 - hřídel, 12 - hydraulický válec, 13 - pístní tyč, 14 - rám, 15 - dutá tyč nesící jádro, 16 - hydraulický válec, 17 - pístní tyč, 18 - hydraulický válec k rozkládání jádra, 19 - kotouč, 20 - tyč, 21 - kruhová drážka uvnitř hrdla, 22 - topné zařízení, 23 - nákrůžek jádra, 24 - chladicí zařízení, 25 - šroubová vrtání, 26 - pero, 27 - náboj jádra, 28 - matice, 29 - zúžená část tyče, 30 - základní těleso, 31 - šrouby, 32 - objímka, 33 - osová příruba, 34 - vybrání (obr. 32), 35 – segmenty, 36 – čep, 37 - segmenty, 39 a 40- vybrání, 41 – stavěcí a ovládací člen, 42 – čep, 43 – podlouhlé otvory, 44 – neokosené plochy, 46 - dorazové plochy, 47 – prstencový dílec jádra, 48 – prstenec, 49 – osová příruba, 50 - prstenec 51 – šrouby, 52 – vybrání, 53 – čep, 54 – rovnoběžné boční stěny segmentů, 55 – krajní plochy segmentů, 56 – dosedací plocha na základní těleso, 58 – výstupky segmentů, 59 – plocha dosedací na výstupky segmentů, 60 a 66 a 67 – dosedací plocha.

4. KVALITA ROZŠÍŘENÍ KONCŮ TRUBEK [3]

Hodnotíme množství a rozměry trhlin nebo drážek, které vznikají na vnitřním obvodu rozšiřované trubky. Tyto trhliny vedou ke ztrátám média, které tímto potrubím proudí. Tyto vady můžeme eliminovat zvolením správné metody a materiálu. Ke snížení výskytu vad slouží také zahřátí rozšiřovaného konce trubky, případně jádra u metody rozšiřování pomocí radiálně se rozšiřujících čelistí.

4.1. KONTROLA TĚSNOSTI SPOJŮ [3]

Provádíme ji u spojů, kde únik média do okolí je nepřipustný. Pro kontrolu těsnosti spojů používáme nejčastěji metody, které jsou zde níže popsány.

4.1.1. Zkouška tlakem kapaliny [3]

Zkouška tlakem kapaliny je v praxi užívána nejčastěji. Zkouší se obvykle tlakem vody, převyšujícím o 50 % vypočtený tlak. Zkouškou se zjišťují především netěsnosti spojů. Pro zlepšení citlivosti zkoušky se přidavkem smáčedel snižuje povrchové napětí vody z hodnoty 7,5Pa na hodnotu 3Pa. Přidáním smáčedel se voda svými vlastnostmi blíží petroleji, jehož povrchové napětí je 2,5Pa. Nevýhodou smáčedel je možnost vzniku koroze, pokud chemické složení smáčecího prostředku tuto možnost nevytloučí. Někdy se do vody přidávají látky, které při dopadu ultrafialových paprsků fluoreskují. Nevýhodou tohoto způsobu je větší spotřeba fluoreskující látky (dle obsahu výměníku) a s tím spojené vyšší náklady na zkoušku. Zkouška tlakem vody má nevýhodu v tom, že při opravě svařovaného spoje se voda při ohřevu vypaří a unikající pára způsobuje pórovitost a bubliny ve svaru. Opravuje se vždy až po vypuštění kapaliny. Na obr. 33 je znázorněna pumpa na zkoušení těsností tlaků v potrubních systémech a nádržích.



Obr. 33 Zkušební pumpa RP 50 [7]

4.1.2. Zkouška tlakem plynu [3]

Většinou se používají zkoušky plynem za nízkého tlaku do 1 MPa. Je třeba zajistit vhodná bezpečnostní opatření. Zkouška sama nemůže při nízkém tlaku objevit všechny netěsnosti, které by byly zjistitelné při vysokém tlaku, ale vzhledem k vlastnostem plynu je značně citlivější než zkouška kapalinou. Při zkoušce se povrch trubkovnice pokryje souvislou vrstvou mýdlového roztoku, netěsnosti se zjišťují vznikem bublin. Zkoušené zařízení lze při menších rozměrech ponořit do vody. Na obr. 34 je uveden přístroj na kontrolu plynovodů ROTEST GW 150/4.



Obr. 34 Univerzální zkušební přístroj na plynovody - ROTEST GW 150/4 [7]

4.1.3. Zkoušky netěsnosti s využitím vakuometrů [3]

Netěsnost je charakterizována množstvím plynu l.s^{-1} , které proniká porušeným místem. Odčerpáme-li z daného prostoru vzduch, můžeme na citlivém vakuometru zjišťovat porušení vakua. Z různých systémů vakuometrů jsou vhodné vakuometry citlivé na zkušební plyn.

4.1.4. Ostatní zkoušky [3]

Jsou to zkoušky například akustické s využitím stetoskopu nebo zkoušky zjišťování netěsnosti pomocí radioaktivních plynů.

5. ZÁVĚR

V této práci byl vytvořen přehled výrobních metod rozšiřování konců trubek, které se používají k sestavení různých potrubních systémů. V kapitole 2 jsou metody rozděleny do tří základních skupin dle typu nástroje, který rozšiřování konce trubky provádí. Kapitola 3 popisuje podrobněji dvě moderní metody používané v dnešní době nejčastěji. Kapitola 4 pojednává o kvalitě provedení těchto rozšíření a těsnosti spojů a zároveň popisuje, jak lze tuto kvalitu kontrolovat a měřit již v sestavených systémech.

Tato metoda má podle mého názoru veliké uplatnění, a to vzhledem k její jednoduchosti a možnosti použít ji přímo v místě sestavování systému skládajícího se z trubek nasunutých do sebe. Velikou výhodou je také možnost při rozšiřování vytvořit drážku, do které lze umístit těsnění, což kvalitu spoje zlepší a také rozšíří možné využití metody. Výhodou je také možné použití trubky bez předešlých úprav.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
- [2] NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
- [3] ŠTRONER, Marek. *Technologie zaválcování trubek I.,II. a spojování materiálů procesních zařízení*. [s.l.] : [s.n.], 2007. 40 s
- [4] RUMÍŠEK, Pavel. *Plošné a objemové tváření (vícejazyčné názvosloví)*. [s.l.] : [s.n.], 2004. 196 s.
- [5] Úřad průmyslového vlastnictví : *Databáze patentů a užitných vzorů* [online]. c2008 [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://upv.cz/cs/sluzby-uradu/database-online/database-patentu-a-uzitnych-vzoru.html>>.
- [6] *Eorchestr.cz* [online]. c2005 [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.eorchestr.cz/>>.
- [7] *Rothenberg* [online]. [2008] [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.rothenberger.cz/>>.
- [8] *Solar energy system* [online]. c2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.solarenergy.sk/>>.
- [9] *Termolux* [online]. [2005] [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.termolux.cz/>>.
- [10] *T-Drill* [online]. [2004] [cit. 2009-02-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.t-drill.fi>>.
- [11] *Uni-max* [online]. c2009 [cit. 2009-05-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.uni-max.cz/>>.
- [12] *Unit plus* [online]. c2009 [cit. 2009-05-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.unitplus.cz/>>.
- [13] *Výfuky Tyll* [online]. c2008 [cit. 2009-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.vyfuky-tyll.cz/>>.
- [14] *Zefyr* [online]. c2008 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.zefyr-grp.com/uvod.html>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
d	Světlost trubky pro zaválcování	[mm]
D	Skutečný průměr vyvrtaného otvoru	[mm]
s	Tloušťka stěny trubky	[mm]
z	Procento zaválcování	[%]